ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUIN 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur la répartition du potassium et du sodium chez les végétaux.* Note de MM. G. André et E. Demoussy.

Il y a deux ans (¹) nous avons émis l'hypothèse que la prédominance des composés du potassium, comme sels solubles, chez les plantes, devait être attribuée à la mobilité de ce métal, supérieure à celle de tous les autres cations. Nous avions trouvé un appui à cette manière de voir dans le fait que dans une masse charnue, une racine de betterave, le rapport du potassium au sodium croît de la périphérie au centre. Comme dans l'expérience de Graham, que nous rappelions, le potassium domine d'autant plus que la région examinée est plus éloignée de la solution complexe primitive, ici les liquides du sol qui baignent la racine. La sélection était bien manifeste pendant l'époque de la croissance; mais, due aux forces de diffusion, elle ne constitue pas un état d'équilibre stable. Celui-ci tend à s'établir lorsque la végétation se ralentit, et à l'arrière-saison le rapport $\frac{K}{Na}$ présentait des valeurs très voisines dans les trois zones analysées.

Nous avons cherché à confirmer ces premiers résultats par de nouvelles observations.

En 1925 la même répartition a été retrouvée en été; mais les analyses effectuées en octobre nous ont montré que l'équilibre n'était pas encore établi; la saison n'était pas encore assez avancée.

L'année dernière nous avons espacé nos prises d'échantillons; les racines

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1052.

de betteraves, du même champ, ont été examinées : en août 1926, pendant la période de développement, en novembre lorsque la végétation était fortement ralentie, et enfin en mars 1927, les racines ayant été conservées en silos, en bon état, et non germées.

Voici les valeurs trouvées pour le rapport $\frac{K}{Na}$:

	Zone extérieure.	Zone moyenne.	Zone intérieure.
21 août 1926.......	8.3	10.2	13.7
22 novembre 1926...	6.4	7.1	8.0
16 mars 1927......	11.4	11.5	11.4

Nous retrouvons donc la même loi : en août excès de potassium croissant de la périphérie au centre, en novembre tendance manifeste vers l'équilibre, et enfin identité des trois rapports lorsque la plante est en état de vie ralentie depuis plusieurs mois.

Nous avons recherché s'il n'existerait pas une répartition analogue dans les parties aériennes d'une plante ligneuse; le vieux bois constituerait le réservoir contenant le mélange de sels, les jeunes pousses et les feuilles représentant la partie supérieure du vase de diffusion de Graham. Nous avons examiné des tiges de marronnier d'Inde, de troëne et de *Tamarix gallica*, au printemps et à l'automne, et comparé, au point de vue qui nous occupe, la composition du bois de l'année précédente à celle des jeunes pousses.

Voici les valeurs de $\frac{K}{Na}$ pour le marronnier d'Inde :

	Tiges de l'année précédente.	Jeunes tiges.	Feuilles.
1er mai 1926....................	11,5	101,0	174,5
1er octobre 1926..................	38,7	62,7	50,0

En mai, lorsque les feuilles viennent d'atteindre leur développement, le potassium dépasse le sodium d'autant plus que l'organe envisagé est plus loin de la souche; les différences sont considérables. A l'automne la composition des feuilles et de jeunes tiges se rapproche de celle du vieux bois.

Le troëne, examiné au printemps, a montré une répartition semblable.

Pour cet arbuste, comme pour le marronnier, les proportions de sodium sont faibles, comprises entre 0,01 et 0,04 pour 100 de matière sèche. Nous avons cherché une plante chez laquelle le sodium serait abondant (nous ne connaissions pas alors les chiffres que viennent de donner MM. Gab. Ber-

trand et Perietzeanu) [1]. Nous l'avons trouvée dans le *Tamarix gallica*. Très prospère au bord de la mer, cette plante renferme des quantités considérables de sodium, même lorsqu'elle pousse dans des terrains non salés; le sujet qui nous a fourni nos échantillons provenait des environs de Paris.

Dans le tableau ci-dessous, à côté du rapport $\frac{K}{Na}$, nous donnons, à titre de renseignement, les proportions de chacun des deux métaux pour 100 de matière sèche; les chiffres ne représentant pas des concentrations, leurs grandes variations ne doivent pas surprendre.

	Bois de l'an passé.			Pousses de l'année présente.		
	K pour 100.	Na pour 100.	$\frac{K}{Na}$.	K pour 100.	Na pour 100.	$\frac{K}{Na}$.
18 octobre 1925....	0,45	0,18	2,5	0,56	0,25	2,2
22 juillet 1926.....	0,57	0,16	3,6	1,44	0,08	18,0
14 novembre 1926..	0,36	0,14	2,6	0,84	0,65	1,3

A l'automne 1925, à la période de repos, nous constatons l'équilibre : le rapport est sensiblement le même, 2,5 et 2,2, pour les deux parties de la plante examinées. L'été suivant, le potassium afflue dans les nouvelles tiges à l'exclusion presque complète du sodium; le rapport $\frac{K}{Na}$ est cinq fois plus grand que dans le vieux bois; puis de nouveau, à l'automne, c'est la tendance à l'homogénéisation.

Des faits présentés ici il résulte bien que la répartition du potassium et du sodium, n'affectant que des formes solubles, est sous la dépendance de la diffusion : pendant le développement du végétal, l'élément le plus mobile, le potassium, s'éloigne le plus vite de la solution mixte, que celle-ci soit extérieure comme dans le cas de la racine de betterave, ou qu'elle soit contenue dans le réservoir constitué par le vieux bois dans le cas des plantes ligneuses.

Vienne la période de repos, l'homogénéité tend à s'établir; les deux éléments, conservant leur mobilité dans l'ensemble de la plante, continuent à être soumis aux lois de la diffusion et se déplacent comme dans une masse liquide inerte.

---

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 645.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE — *La Sclériase des raisins, due au* Sordaria uvicola. Note de MM. **P. Viala** et **P. Marsais**.

La nouvelle maladie des raisins, à laquelle nous donnons le nom de *Sclériase*, est due à un Ascomycète, le *Sordaria uvicola* (*spec. nov.*), dont l'évolution biologique est complexe. Les grains de raisin, à maturité, sont éclatés par le Champignon parasite, et se dessèchent rapidement. C'est dans le seul vignoble roumain, de Bessarabie, que le mal a été jusqu'à ce jour constaté; son introduction en France pourrait présenter quelque danger pour nos vignobles, à cause de l'extraordinaire rapidité de poussée végétative du parasite.

Le *S. uvicola*, isolé des grains de raisin et cultivé en milieux artificiels, ne s'accommode pas des milieux acides contrairement à la majorité des Champignons. Ses nombreuses formes de reproduction sont : des *conidies*, forme *Alternaria*, que l'on observe à l'état naturel sur les feuilles âgées (manquant d'acidité organique); des *pycnides* (macropycnides et micropycnides), sur les fruits où elles sont mélangées aux *Alternaria* conidiens; des *scléroïdes*, à constitution anatomique très particulière, fréquents sur les raisins attaqués et qui, ensemencés en milieu artificiel, donnent presque toujours des *périthèces*. Enfin la partie végétative du Champignon, le *mycélium*, qui, vit exclusivement sous la cuticule des grains de raisin comme les scléroïdes, cuticule qu'il éclate, est hétérothallique et hétérogame. Cultures croisées, maintes fois répétées sur milieux variés ou sur raisins mûrs ou près de la maturité, nous ont démontré, d'une façon indubitable, la relation de toutes ces formes végétatives et de reproduction qui appartiennent bien à une seule et unique espèce.

Le *S. uvicola* a deux formes mycéliennes, l'une fine et rigide (microthalle) d'un diamètre de 3^{μ}, peu cloisonnée, l'autre (macrothalle) à hyphes possédant de nombreuses cloisons, un protoplasme très grumeleux et d'un diamètre variant du 16 à 20^{μ}. Ces deux formes mycéliennes, enchevêtrées, à l'état naturel, sur le grain de raisin, peuvent être, en variant les milieux de culture et en multipliant le nombre des passages, difficilement isolées. Dans ce cas, les macrothalles donnent les conidies *Alternaria* et les microthalles, les deux formes pycnidiennes.

Les scléroïdes, à pseudo-membrane noire, ont leur intérieur constitué non par un pseudo-parenchyme, mais par un tissu formé de cellules

p us ou moins sphériques accolées et comprimées les unes contre les autres. Pris sur sur le grain de raisin malade, qu'ils recouvrent parfois d'une couche carbonacée entre les fissures, et mis en germination, ils donnent des filaments macrothalliques, très cloisonnés et variqueux, dont se détachent bientôt les fins filaments microthalliques. Si le milieu de culture est très légèrement acidulé, la forme conidienne *Aternaria* apparaît bientôt. Par contre, dans un milieu neutre, se développent de nombreux périthèces. Mais on ne constate jamais ceux-ci que lorsque, après un temps très court d'ailleurs, les deux formes mycéliennes sont mélangées; elles le sont toujours dans les cultures normales se succédant par bouturage du gazon mycélien. Ce sont ces périthèces que l'on obtient le plus fréquemment dans les cultures.

L'évolution du périthèce nécessite la présence des deux thalles. Le microthalle, enchevêtré dans les gros filaments et les enlaçant, vient, par une extrémité renflée, s'accoler sur une cellule hypertrophiée du macrothalle; le périthèce évolue à partir de cette cellule après, probablement, une fusion que nous n'avons pu encore préciser.

La formation ultérieure des asques et des ascospores serait, d'après M. Dangeard [1], le résultat d'une vraie fusion nucléaire dans le conceptacle. Il y aurait donc deux phases dans l'évolution du périthèce du *S. uvicola*, une préfécondation par la fusion de cellules spécialisées du microthalle et du macrothalle et la vraie fécondation, que nous n'avons pu observer, dans le périthèce.

C'est en quelques heures que poussent, dans les cultures, les périthèces aussi bien que les autres formes de reproduction; en 12 ou 24 heures, les asques et les ascospores sont organisées dans le conceptacle.

Dans un Mémoire spécial, les caractères individuels des conidies, des scléroïdes, des chlamydospores, des pycnides et de leurs stylospores, des périthèces et de leurs asques et de leurs ascospores, sont détaillés. Les conidies pluricellulaires rappellent, par leurs caractères, les *Alternaria*, d'un noir fuligineux foncé et variant, suivant le nombre de cellules qui les composent, de 10^{μ} à 55^{μ} en longueur sur 6^{μ} à 14^{μ} en diamètre. Les ascospores, ensemencées sur raisins, avant maturité, reproduisent cette forme conidienne. Les pycnides ont des stylospores ovoïdes brunes de 6^{μ} sur 10^{μ} et germent, comme les conidies et les chlamydospores, par émission d'un tube mycélien.

Les périthèces, sphériques, surmontés d'un col variable de longueur, possèdent de nombreuses asques mélangées à de fines paraphyses. Ils ont 570^{μ} de hauteur, col com-

---

[1] P.-A. Dangeard, *L'origine du périthèce chez les Ascomycètes* (*Le Botaniste*, 2e série, juillet 1907).

pris, sur 320^{μ} de diamètre. Les ascospores, au nombre d'environ 1200 par concep-tacle, incolores d'abord, puis d'un jaune citron, sont, définitivement, d'un brun noirâtre foncé, à membrane extérieure très épaisse, et pourvue d'une grosse vacuole qui occupe le tiers du contenu. Elles sont ovoïdes allongées (20^{μ} sur 12^{μ}) et entourées extérieurement par une zone hyaline de nature mucilagineuse et caractéristique des *Sordaria*. Elles germent, à la suite de la disparition de la vacuole, en émettant parfois au dehors tout le contenu cellulaire, entouré d'une membrane propre, qui s'allonge en tube germinatif macrothallique, d'où se détachent bientôt de fins filaments microthalliques.

Cette évolution très particulière des organes de reproduction de *S. uvicola* a été contrevérifiée pendant trois années sur des milliers de cultures, en milieux très variés.

Des observations recueillies dans le vignoble roumain, où la maladie paraît pour l'instant confinée, et des essais variés faits en cultures artificielles avec des produits toxiques, il semble se dégager une possibilité, à préciser, de l'action efficace que peuvent avoir les sels cupriques contre cette nouvelle maladie.

PHYSIOLOGIE. — *Remarques au sujet de la Note de M.* RAYMOND HAMET (présentée par M. Charles Richet, le 13 juin 1927), par M. **PIERRE BAZY.**

M. Raymond Hamet termine sa Note intitulée : *Sur l'action cardiaque de l'adrénaline pendant l'excitation du vague* par ces mots :

« Ainsi donc l'adrénaline injectée dans le cœur pendant l'excitation du vague provoque l'arrêt cardiaque; si le vague est excité non plus électriquement, mais par un toxique comme le chloroforme, l'adrénaline produit également l'arrêt cardiaque : c'est la syncope adrénaline-chloroformique découverte par Lévy et bien étudiée par cet auteur et par Nobel et Rothberger. »

Que M. Raymond Hamet ait observé cet arrêt cardiaque dans les conditions expérimentales, je n'y contredirai pas : mais il ne faudrait pas conclure de ces faits expérimentaux à ce qui doit s'observer chez l'homme pendant la chloroformisation. Or, chez l'homme, et l'on peut à ce sujet consulter les *Bulletins de la Société nationale de Chirurgie*, l'injection intracardiaque d'adrénaline, 1^{mg} et plus, a, jointe à la respiration artificielle, sauvé, on peut dire ressuscité, des opérés chez lesquels le cœur avait cessé de battre dans le cours d'une chloroformisation, non au début de l'anesthésie, avant que le patient ait pu absorber une quantité notable d'anesthésique, mais plusieurs minutes après le début de l'anesthésie chlo-

roformique, alors que l'insensibilisation était complète et que par conséquent l'anesthésique avait été absorbé en quantité appréciable. Il ne faudrait pas laisser jeter le discrédit sur une méthode tout à fait recommandable de traitement des syncopes, dans le cours des anesthésies, qu'il s'agisse d'anesthésies par le chloroforme, ou d'anesthésies par l'éther ou le chlorure d'éthyle, ou qu'il s'agisse d'anesthésies rachidiennes; car dans toutes ces conditions, l'injection intra-cardiaque d'adrénaline a donné des succès tout à fait réconfortants dans des cas autrefois désespérés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration générale de l'équation aux dérivées partielles* $s = f(x, y, z, p, q)$. Note [1] de M. **Riquier**.

La méthode d'intégration qui fait l'objet de la présente Note est analogue à celle que nous avons récemment exposée au sujet de l'équation $s = F(x, y, z, q)$, où ne figure pas la dérivée p [2].

Rappelons tout d'abord que, dans une Note antérieure [3], se trouvent brièvement indiquées diverses règles, assurant, pour des types variés de l'équation aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes, la possibilité d'une intégration, *complète* ou *incomplète;* l'une de ces règles, relative à l'intégration incomplète, s'applique, notamment, à l'équation

$$rt - s^2 + A(x, y, z, p, q)r + 2B(x, y, z, p, q)s = 0, \tag{1}$$

qui joue un rôle essentiel dans la question suivante :

Déterminer la fonction $\mu(\alpha)$ du paramètre α et la fonction $\lambda(\beta, \alpha)$ des paramètres β, α par la condition que le plan mobile

$$z = \alpha y + \beta x + \lambda(\beta, \alpha) + \mu(\alpha) \tag{2}$$

ait pour enveloppe une surface intégrale de l'équation $s = f(x, y, z, p, q)$.

Or l'étude de cette question fournit, comme on va le voir, l'intégrale générale de l'équation envisagée.

Considérons en effet les fonctions z, p, q de x, y définies par le sys-

---

(1) Séance du 13 juin 1927.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1076.

(3) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 695.

tème des relations

$$z = qy + px + \lambda(p, q) + \mu(q), \tag{3}$$

$$0 = y + \frac{\partial\lambda}{\partial q} + \mu'(q), \tag{4}$$

$$0 = x + \frac{\partial\lambda}{\partial p}, \tag{5}$$

où les fonctions $\lambda(p, q)$ et $\mu(q)$ sont quelconques, sous la seule restriction que les relations (4) et (5) puissent être résolues par rapport à p et q conformément au principe général des fonctions implicites; on tire de (3), par différentiations,

$$\frac{\partial z}{\partial x} = p + \left[x + \frac{\partial\lambda}{\partial p}\right]\frac{\partial p}{\partial x} + \left[y + \frac{\partial\lambda}{\partial q} + \mu'(q)\right]\frac{\partial q}{\partial x},$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = q + \left[x + \frac{\partial\lambda}{\partial p}\right]\frac{\partial p}{\partial y} + \left[y + \frac{\partial\lambda}{\partial q} + \mu'(q)\right]\frac{\partial q}{\partial y},$$

d'où, en tenant compte de (4) et (5),

$$\frac{\partial z}{\partial x} = p, \qquad \frac{\partial z}{\partial y} = q.$$

Pour exprimer que la fonction z et ses deux dérivées premières p, q, définies par (3), (4) et (5), vérifient l'équation $s = f(x, y, z, p, q)$ ou

$$\frac{\partial q}{\partial x} = f(x, y, z, p, q), \tag{6}$$

il suffit de former, en appliquant la règle des fonctions implicites, les équations qui fournissent $\frac{\partial p}{\partial x}$ et $\frac{\partial q}{\partial x}$, savoir :

$$0 = \frac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q}\frac{\partial p}{\partial x} + \left[\frac{\partial^2\lambda}{\partial q^2} + \mu''(q)\right]\frac{\partial q}{\partial x}, \tag{7}$$

$$0 = 1 + \frac{\partial^2\lambda}{\partial p^2}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q}\frac{\partial q}{\partial x}, \tag{8}$$

puis d'éliminer $\frac{\partial p}{\partial x}$ et $\frac{\partial q}{\partial x}$ entre les trois équations (6), (7), (8), ce qui donne

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & -f \\ \frac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q} & \frac{\partial^2\lambda}{\partial q^2} + \mu''(q) & 0 \\ \frac{\partial^2\lambda}{\partial p^2} & \frac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q} & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Cette dernière relation devra, après substitution à z, p, q de leurs valeurs tirées de (3), (4), (5), être satisfaite quels que soient x et y; ou, ce qui revient au même, elle devra, après substitution à x, y, z de leurs valeurs tirées des mêmes équations, être satisfaite quels que soient p et q; cette substitution n'affecte d'ailleurs que la quantité $f(x, y, z, p, q)$. Si, dans la relation qui en résulte, on suppose connue la fonction $\mu(q)$, on obtient l'équation aux dérivées partielles

$$(9) \qquad \frac{\partial^2 \lambda}{\partial p^2}\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q^2} - \left(\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p \, \partial q}\right)^2 + \mu''(q)\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p^2} + 2\,\mathrm{G}\left(p, q, \lambda, \frac{\partial \lambda}{\partial p}, \frac{\partial \lambda}{\partial q}\right)\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p \, \partial q} = 0,$$

impliquant la fonction inconnue λ des variables indépendantes p, q, et où G désigne une composante connue. Or l'équation (9) est de même forme que l'équation (1), où x, y, z, p, q, r, s, t, A, B se trouveraient remplacés respectivement par p, q, λ, $\frac{\partial \lambda}{\partial p}$, $\frac{\partial \lambda}{\partial q}$, $\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p^2}$, $\frac{\partial^2 \lambda}{\partial p \, \partial q}$, $\frac{\partial^2 \lambda}{\partial q^2}$, $\mu''(q)$, G.

En conséquence :

La fonction $\mu(q)$ étant choisie arbitrairement, on pourra, en vue de l'intégration incomplète de l'équation (9), former une équation du premier ordre impliquant, comme elle, la fonction inconnue λ des variables indépendantes p, q, et dont l'équation (9) soit, au point de vue de l'intégration, une conséquence nécessaire; cette équation du premier ordre, résoluble par rapport à $\frac{\partial \lambda}{\partial p}$, sera ensuite intégrée avec la condition initiale, arbitrairement choisie, $\lambda = \rho(q)$ pour $p =$ une valeur numérique donnée.

La fonction résultante $\lambda(p, q)$, qui vérifie l'équation (9), se trouvera ainsi dépendre :

1° Du choix de la fonction arbitraire $\mu(q)$;

2° La fonction $\mu(q)$ étant fixée, du choix de la fonction arbitraire $\rho(q)$.

Et il en sera de même pour la fonction z des variables x, y définie, conjointement avec p et q, par les relations (3), (4) et (5).

HYDRAULIQUE. — *Sur les tourbillons provoqués par un obstacle immergé dans un courant liquide.* Note [1] de M. Charles Camichel.

Nous avons étudié [2], pour des nombres de Reynolds très faibles, en régime non turbulent, les trajectoires des filets liquides, à l'aval d'un corps

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1326.

immergé dans un fluide visqueux en mouvement; nous avons montré que ces trajectoires présentent trois points singuliers.

Prenons un ajutage, d'axe horizontal, dans lequel nous réalisons un champ de vecteurs vitesses W, parallèles à cet axe. Normalement à celui-ci, plaçons un cylindre droit, à base circulaire, de hauteur égale à celle de l'ajutage. A mesure que la vitesse W augmente, les trajectoires s'allongent. Elles atteignent, pour une certaine vitesse, une position limite. En continuant à faire croître la vitesse W, on voit, tout d'abord, un mouvement d'oscillation d'ensemble se superposer au régime non turbulent et l'on observe, ensuite, la production des tourbillons alternés de Bénard.

Cette Note a pour objet le résumé des expériences faites, en collaboration avec MM. Dupin, Escande et Teissié Solier, sur ces tourbillons, expériences distinctes des importantes recherches de M. Bénard, qui correspondent aux phénomènes produits à la surface d'un liquide.

I. Nous avons comparé les écoulements successifs d'un liquide 1 (eau ordinaire) et d'un liquide 2 (eau sucrée) de coefficients cinématiques de viscosité $\frac{\mu_1}{\rho_1}$, $\frac{\mu_2}{\rho_2}$ tels que $\frac{\mu_2}{\rho_2} = 5,3\,\frac{\mu_1}{\rho_1}$ à 11°,5 C., température des expériences. L'obstacle était constitué par un cylindre vertical, à base circulaire, de $3^{mm},5$ de diamètre, placé à l'intérieur d'un ajutage horizontal carré, de 4^{cm} de côté. Nous avons déterminé la courbe (T_1, W_1), donnant, pour l'eau, la période T_1 en fonction de la vitesse moyenne W_1, et la courbe $\left(T_2 \times \frac{\frac{\mu_2}{\rho_2}}{\frac{\mu_1}{\rho_1}},\ W_2 \times \frac{\frac{\mu_1}{\rho_1}}{\frac{\mu_2}{\rho_2}}\right)$ déduite des périodes T_2 et des vitesses moyennes W_2 observées dans l'eau sucrée. Ces deux courbes doivent être confondues, en vertu de la loi de Reynolds.

Le tableau suivant montre le degré de concordance obtenu :

W_1 ou $W_2 \times \frac{\frac{\mu_1}{\rho_1}}{\frac{\mu_2}{\rho_2}}$ Vitesses moyennes en cm/sec.	T_1 Périodes en sec.	$T_2 \times \frac{\frac{\mu_2}{\rho_2}}{\frac{\mu_1}{\rho_1}}$ Périodes en sec.
2,23	0,92	0,926
2,68	0,760	0,765
3,075	0,645	0,63
3,775	0,505	0,52
4,625	0,424	0,422

II. Nous avons ensuite comparé l'écoulement de l'eau dans deux modèles semblables, dans un rapport $\frac{l_2}{l_1} = 2$, à une température de 15°C.; le plus grand modèle était constitué par un cylindre de $0^{cm},79$ de diamètre, placé dans un ajutage circulaire de 30^{cm} de diamètre, d'axe horizontal.

Si W_1, T_1 désignent la vitesse et la période observées dans le petit modèle, W_2, T_2 les quantités homologues du grand modèle, la loi de similitude de Reynolds exige que l'on ait

$$W_1 = \frac{l_2}{l_1} \times W_2, \qquad T_1 = T_2 \times \frac{l_1^2}{l_2^2}.$$

Les courbes (T_1, W_1), $\left(T_2 \times \frac{l_1^2}{l_2^2}, W_2 \times \frac{l_2}{l_1}\right)$ doivent donc se confondre. C'est ce que nous avons vérifié.

On peut dire par conséquent que, dans les circonstances où nous nous sommes placés, la similitude de Reynolds s'applique aux tourbillons alternés.

Ces phénomènes sont très complexes et l'amplitude des oscillations observées présente des variations périodiques qui sont parfois très régulières.

III. La mesure des périodes peut se faire, soit par l'observation directe des tourbillons, soit en utilisant la remarque suivante : les particules d'aluminium utilisées pour l'observation sont des lames minces, constituant de petits miroirs, qui, éclairés par un faisceau de rayons parallèles, paraissent brillants lorsque leur normale est la bissectrice de l'angle des rayons incidents et de la direction joignant la particule à l'œil de l'observateur. Donc, chaque fois que les particules, dans leur mouvement, redeviennent parallèles à une même direction de plan, elles deviennent brillantes. On obtient, ainsi, des franges lumineuses, que l'on observe par stroboscopie. La période des tourbillons est mesurée par la période d'éclairement la plus courte pour laquelle les franges paraissent immobiles (voir la figure).

MM. Terada et Hattori ont observé l'orientation des particules d'aluminium; mais le phénomène des franges paraît nouveau.

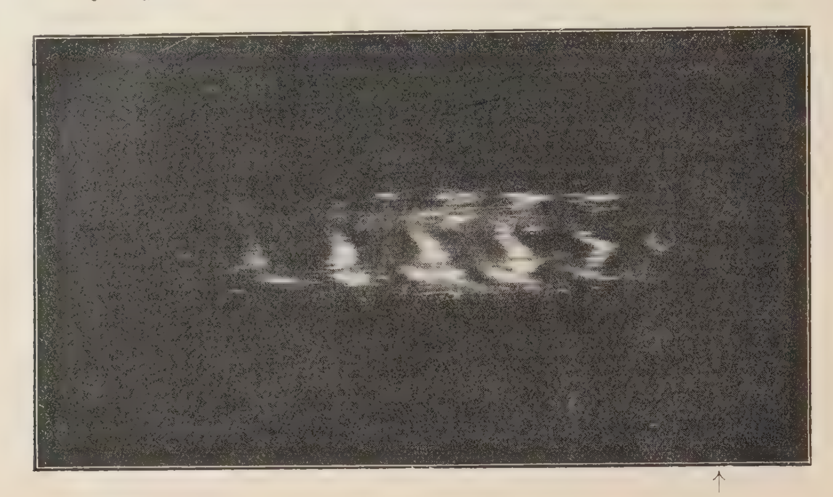
On peut ainsi mesurer des fréquences beaucoup plus élevées que ne le permettrait l'observation directe.

Dans la zone de vitesses où cette dernière est possible, nous avons mesuré simultanément la période par les deux procédés et observé la parfaite concordance des résultats obtenus.

IV. En faisant varier convenablement la vitesse de l'eau, on observe que, pour une certaine valeur de celle-ci, la tige cylindrique encastrée formant

obstacle se met à vibrer, dans un plan perpendiculaire à la direction générale de l'écoulement.

Lord Rayleigh, Riabouchinsky et Richardson avaient observé cette



Franges lumineuses dans le sillage d'un cylindre de $3^{mm},5$ de diamètre (ajutage de 4×4^{cm}).

vibration et émis l'hypothèse qu'elle était due à la résonance de la période propre de la tige, sous l'influence des tourbillons alternatifs qu'elle provoque.

Nous avons vérifié ce point, en étudiant une tige de 2^{mm} de diamètre, lestée au moyen d'une petite masse de plomb, afin de rendre sa période assez longue pour qu'on puisse l'observer directement; nous avons trouvé $0^{sec},293$ pour la période du tourbillon, $0^{sec},294$ pour celle de la tige.

Cette propriété des tiges immergées peut être utilisée pour la mesure des vitesses des fluides.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du maltose.* Note [1] de MM. Amé Pictet et H. Vogel.

Lorsqu'on chauffe le glucose α à 160° dans le vide, il fond en perdant les éléments d'une molécule d'eau et se convertit en glucosane; dans les mêmes conditions le glucose β fond aussi, mais sans subir d'autre modification. Nous avons trouvé qu'un mélange équimoléculaire des deux glucoses se comporte différemment encore : après être entré en fusion, il se resolidifie brusquement, la température restant toujours à 160°; il y a donc formation d'un produit de condensation des deux sucres.

(1) Séance du 13 juin 1927.

Ce produit est soluble dans l'eau chaude; en examinant cette solution, nous avons constaté que, à côté de glucose non transformé et d'un peu de dextrines, elle contient une notable quantité d'un *disaccharide;* traitée en effet par la phénylhydrazine, elle fournit une osazone soluble dans l'eau chaude.

Afin d'isoler ce disaccharide, nous avons tout d'abord précipité les dextrines par addition d'alcool, puis soumis la liqueur filtrée à l'évaporation dans le vide. Le résidu a été ensuite traité à plusieurs reprises à froid par l'alcool à 95 pour 100 afin d'éloigner la plus grande partie du glucose. Le reste a été chauffé avec de l'acétate de soude et de l'anhydride acétique, et transformé ainsi en un mélange d'acétates. Par cristallisations répétées de ce mélange dans l'alcool absolu nous avons enfin pu isoler un corps homogène, présentant le point de fusion constant de 157°.

Cet acétate a été alors saponifié par le méthylate de sodium, suivant l'excellent procédé de Zemplen [1]. Nous avons obtenu ainsi un sucre réducteur, à l'état d'un sirop épais, mais qui devient lentement solide au contact de l'alcool absolu. Il peut alors être recristallisé dans l'alcool chaud, et se présente sous la forme de petits cristaux sans point de fusion net. L'analyse et la cryoscopie leur assignent la formule $C^{12}H^{22}O^{11}.H^2O$.

Ce sucre présente le phénomène de la mutarotation. Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse ($c = 6, 16$, $t = 21°$), est :

Après 8 minutes	+116°,9
» 7 heures	+128,2
» 24 »	+128,5

Le pouvoir rotatoire initial du maltose (hydraté) est selon Parcus et Tollens [2] + 119, 36°, son pouvoir rotatoire final + 130°. D'autres observateurs ont trouvé des chiffres oscillant autour de 116° et de 129°.

L'*osazone* de notre sucre cristallise dans l'eau chaude ou dans l'éther acétique en belles aiguilles jaunes.

Son *acétate* forme de longues aiguilles incolores. Son poids moléculaire, déterminé par cryoscopie dans le benzène, est 683 (calculé pour l'octo-acétate de maltose : 678). Son pouvoir rotatoire en solution benzénique ($c = 1, 2472$, $t = 22°$) est de + 75, 5° (pouvoir rotatoire du β-octo-acétate de maltose : + 75, 6°).

Le *nitrate*, préparé par dissolution du sucre dans un mélange d'acide

---

(1) *D. ch. G.*, **59**, 1926, p. 1258.

(2) *Liebigs Annalen*, **257**, 1890, p. 173.

sulfurique et d'acide nitrique, est en petites aiguilles, de saveur très amère, insolubles dans l'eau, très peu solubles dans l'alcool éthylique, facilement solubles dans l'alcool méthylique, ainsi que dans l'acétone et dans l'acide acétique glacial. Son pouvoir rotatoire en solution acétique ($c = 2{,}2960$, $t = 21°$) est de $+ 126{,}7°$ [Will et Lenze [1] indiquent $+ 128{,}6°$ pour l'octonitrate de maltose].

Les points de fusion de ces trois dérivés, comparés à ceux du maltose que nous avons préparés à cette intention, sont les suivants :

	De notre sucre.	Du maltose.	De leur mélange.
Point de fusion de l'osazone	194°	196°	196°
» de l'acétate	157	158	158
» du nitrate	159	159	159

Ces chiffres montrent de la façon la plus nette que le produit de condensation du glucose α et du glucose β est bien le maltose. La synthèse de ce disaccharide se trouve ainsi réalisée.

Il nous restera à établir quel est le mécanisme de cette condensation, si elle comporte ou non la formation intermédiaire d'une maltosane et pourquoi la présence du glucose β lui est nécessaire, alors que le maltose est un disaccharide α.

FLORE COLONIALE. — *Sur la découverte d'un Pin Laricio dans l'Afrique du Nord.* Note [2] de MM. **René Maire** et **Paul de Peyerimhoff.**

Le Pin Laricio (*Pinus nigra* Arn.), espèce polymorphe à aire disjointe, habitant le sud de l'Europe depuis l'Espagne jusqu'au Caucase et l'ouest de l'Asie, n'était pas connu jusqu'ici en Afrique. Les Pins spontanés connus dans l'Afrique du Nord étaient le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* L.) et le Pin maritime (*P. pinaster* Soland.).

En 1922 le brigadier forestier Soulier, en tournée dans les forêts de Cèdres du versant sud du Djurdjura, remarqua un Pin qui lui parut différent du Pin d'Alep, seul connu dans cette contrée. Il en avisa ses chefs, et l'Inspecteur adjoint Potier, de Bouïra, nous envoya en 1926 un rameau et un cône qui nous ont permis de reconnaître un Pin Laricio. Mais les rensei-

(1) *D. ch. G.*, 31, 1898, p. 68.

(2) Séance du 13 juin 1927.

gnements fournis par les forestiers ne nous permettaient pas d'éliminer l'hypothèse d'une introduction relativement récente de ce Pin. Nous avons donc, en mai 1927, étudié sur place, en compagnie de M. Potier, les Pins Laricios du Djurdjura.

Ces Pins forment un petit peuplement de quelques centaines d'arbres d'âges très variés, sur le versant sud de la montagne dite Tigounatine, à très peu de distance de la station estivale en construction de Tikjda. Ils croissent sur les calcaires dolomitiques du Lias inférieur, entre 1450 et 1600^m d'altitude, en mélange avec le *Cedrus libanotica* Link ssp. *atlantica* (Manetti) Holmb., et le *Quercus Ilex* L.; ils forment une forêt claire dont le sous-bois est constitué surtout par l'*Ampelodesma mauretanica* (Poiret) Dur. et Schinz, le *Calycotome spinosa* Link, le *Putoria calabrica* Pers. C'est dire que la flore qui les accompagne est nettement thermophile. Dans le haut du peuplement, vers 1600^m, cette flore tend à faire place à une flore plus montagnarde, caractérisée par des gazons de *Festuca atlantica* Duv. Jouve et de *Cynosurus Balansae* Coss.; en même temps le *Quercus Ilex* se raréfie et devient buissonnant. Le Pin Laricio croît donc à la base de l'étage subalpin.

Le premier coup d'œil jeté sur le peuplement permettait d'exclure l'hypothèse d'une plantation régulière faite par l'Administration des Forêts. Nous avons immédiatement reconnu que beaucoup d'arbres dépassaient l'âge d'un siècle, et dataient par conséquent d'une période très antérieure à la conquête française. Nous avons abattu un de ces arbres qui avait 20^m de hauteur et 2^m,68 de tour à hauteur d'homme. Un comptage rapide de ses couches annuelles nous a montré qu'il était âgé de plus de 200 ans. Or avant la conquête française le pays était dans un état d'anarchie incompatible avec l'introduction d'un arbre purement forestier dans un coin absolument perdu de la montagne.

L'étude botanique de ce Pin Laricio et l'étude de ses parasites ont à leur tour confirmé nos conclusions au sujet de sa spontanéité.

Le Laricio du Djurdjura appartient au groupe *pachyphylla* Christ : il diffère du *P. nigra* var. *austriaca* Ant. par ses feuilles à hypoderme à 1-2 assises et ses rameaux d'un an cannelle orangé (et non gris brun); du *P. n.* var. *Poiretiana* Ant. par sa taille moins élevée, ses rameaux d'un an cannelle orangé (et non brun clair), ses cônes ne dépassant 7^{cm}, ses feuilles plus raides, plus larges (1^{mm},6 à 1^{mm},9 et non 1^{mm},4-1^{mm},6), la carène des écussons des cônes aiguë, du *P. n.* var. *Pallasiana* A. et G. par ses feuilles plus larges à canaux résinifères très nombreux (11-17), les cônes plus petits, à écussons plus bombés. Nous proposons pour lui le nom de *P. nigra* var. *mauretanica*.

Les troncs morts de ce Pin nourrissent souvent le *Polyporus* (Fomes) *marginatus* Fr.; les aiguilles tombées portent *Lophodermium Pinastri* (Schrad.) Chev. et *Nemacyclus niveus* (Pers.) Sacc.

Un grand nombre d'insectes parasites attaquent le *P. nigra* en Europe et la plupart se retrouvent sur les espèces voisines. Parmi ceux qui lui sont strictement attachés, nous avons pu recueillir :

1° Le *Pityopthorus glabratus* Eichh. (Col. *Scolytidae*) qui attaque les jeunes rameaux de l'année précédente cassés par le vent et tombés à terre. Il se partage en deux races, l'une, *P. glabratus s. str.*, de l'Europe moyenne, l'autre, *P. glabratus Buyssoni* Reitt., de l'Europe occidentale et méridionale. La race algérienne ne diffère guère de celle-ci que par ses dimensions plus fortes.

2° Le *Leucaspis Signoreti* Targ. (Hém. *Coccidae*), Cochenille fixée sur les feuilles vivantes et connue jusqu'ici de Corse, de Sardaigne et de Chypre. Nous devons l'identification de cette Diaspine à M. Balachowsky.

Le Laricio du Djurdjura représente une relique comparable à celle que constitue dans les Babors l'*Abies numidica* de Lannoy. Il a dû former jadis, sur le versant sud du Djurdjura, une ceinture à la base de l'étage subalpin. Moins bien adapté que le Pin d'Alep à résister aux incendies, il a dû disparaître assez rapidement lorsque le pays s'est peuplé. Les quelques arbres actuels sont marabouts et doivent certainement leur survivance à leur caractère sacré.

Ce Pin, très supérieur au Pin d'Alep, pourra être avantageusement utilisé dans les reboisements de l'Afrique du Nord ; des semis faits par M. Potier paraissent devoir donner d'excellents résultats.

M. **Ch. Lallemand** fait hommage à l'Académie de deux brochures intitulées *Le problème monétaire. Stabilisation et revalorisation en France* et *Le redressement financier de la France*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Daniel Berthelot* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 54,

M. Charles Fabry	obtient...........	51 suffrages
M. Henri Abraham	»	1 suffrage
M. Paul Langevin	»	1 »
M. Georges Sagnac	»	1 »

M. **Charles Fabry**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

M. **Alexis Carrel** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie par 46 voix contre 5 à M. *J. Cantacuzène*, 1 à M. *Abelous* et 1 à M. *G. Weiss*.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Gravier** est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès International de Zoologie*, qui se tiendra du 4 au 9 septembre 1927 à Buda-Pest.

PLIS CACHETÉS.

M. **Georges Valensi** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 19 novembre 1917 et inscrit sous le n° 8465.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Expériences de téléphonie multiple*.

(Renvoi à l'examen de M. G. Ferrié.)

CORRESPONDANCE.

M. **Henry F. Osborn**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maria M. Ogilvie Gordon. *Das Grödener-, Fassa- und Enneberggebiet in den Südtiroler Dolomiten.*

2° D. Bois. *Les Plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les Ages.* (Présenté par M. H. Lecomte.)

GÉOMÉTRIE. — *Géométrie projective des correspondances analytiques entre deux plans.* Note de M. **Otakar Borůvka.**

1. Dans un récent Mémoire [1] j'ai développé la géométrie projective des correspondances analytiques entre deux plans, en appliquant la méthode générale du repère mobile sous la forme donnée par M. E. Cartan [2]. Dans la Note présente je résume les résultats auxquels j'étais arrivé. Cependant, je me propose de revenir sur plusieurs questions qui se posent au sujet des résultats obtenus.

2. Les correspondances que j'étudie sont des correspondances analytiques entre deux plans projectifs. On les peut définir en établissant une correspondance analytique biunivoque entre les paramètres dont dépend la position d'un point dans un et l'autre plan. Une correspondance analytique entre deux plans projectifs étant donnée, on peut, en se servant de la méthode générale du repère mobile, former un système d'équations de Pfaff à deux variables indépendantes qui définissent la correspondance à un couple de transformations projectives près. La formation de tels systèmes d'équations différentielles conduit à une forme cubique différentielle binaire Ψ dont la signification géométrique est intrinsèque. Pour chaque valeur des paramètres qui réalisent la correspondance entre les deux plans [3], l'équation $\Psi = 0$ définit certains rapports des différentielles de

(1) *Sur les correspondances analytiques entre deux plans projectifs.* Première partie (*Publications de la Faculté des Sciences de l'Université Masaryk*, n° 72; Brno, 1926). La deuxième partie se trouve actuellement sous presse et paraîtra prochainement dans les mêmes Publications.

(2) Voir des nombreux Mémoires de M. E. Cartan, surtout *Sur les variétés de courbure constante d'un espace euclidien ou non euclidien* (*Bull. de la Soc. math. de France*, 47, 1919; 48, 1920, p. 132-208); *Sur la déformation projective des surfaces* (*Annales scient. de l'École Norm. sup.*, 3e série, 27, 1920, p. 259-356).

(3) On se borne à un domaine suffisamment petit.

ces paramètres; je les appelle les *directions caractéristiques* de la correspondance donnée. Leur interprétation géométrique est la suivante : *Pour qu'à un point d'inflexion d'une courbe quelconque d'un plan corresponde un point d'inflexion dans l'autre, il faut et il suffit que la direction de cette courbe, au point considéré, soit caractéristique.* On est donc amené à classer les correspondances suivant le nombre de leurs directions caractéristiques. En laissant de côté quelques cas singuliers, je divise les correspondances en quatre espèces : Une correspondance est dite de la *première espèce* si elle admet au point considéré *trois directions caractéristiques et trois seulement;* elle est dite de la deuxième espèce si l'on a, au point considéré et dans un voisinage de ce point, *deux directions caractéristiques et deux seulement;* elle est dite de la *troisième espèce* s'il en existe *une et une seule;* enfin, une correspondance admettant au point considéré et dans un voisinage de ce point *une infinité de directions caractéristiques* est dite de la *quatrième espèce.*

3. Voici les résultats que j'ai obtenus au sujet des *correspondances de la première espèce.* Les correspondances *générales* de cette espèce, représentant les correspondances les plus générales entre deux plans, dépendent de deux fonctions arbitraires de deux arguments.

On peut trouver des correspondances de la première espèce dont *un système complet d'invariants différentiels* (par rapport au groupe projectif) *ne contient que des différentielles exactes* et ces correspondances dépendent *au moins d'une fonction arbitraire d'un argument:* je donne les équations finies d'un type de telles correspondances qui admettent cette généralité.

Il existe des correspondances de la première espèce *dont les courbes caractéristiques* (c'est-à-dire les courbes dont la direction à chaque point est caractéristique) *sont des droites.* La recherche de telles correspondances revient à la recherche des correspondances qui jouissent de la propriété de faire correspondre à trois droites (et trois seulement) passant par un point quelconque, trois droites passant par le point correspondant. Je trouve une famille générale de telles correspondances dépendant effectivement de *cinq constantes arbitraires* et caractérisées par la propriété que *les droites correspondantes dans les deux plans enveloppent des courbes algébriques de la troisième classe.* Mais les calculs que j'ai faits n'excluent pas encore la possibilité d'existence d'autres correspondances du type considéré; seulement, pour se convaincre s'il en existe, il faudrait faire (au moins par la méthode que j'applique) des calculs très longs que je n'ai pas pu effectuer à cause de leur longueur.

4. Quant aux *correspondances de la deuxième espèce,* les correspondances *générales* dépendent *d'une fonction arbitraire de deux arguments.*

Il existe des correspondances de la deuxième espèce *dont les courbes caractéristiques sont des droites*. Les correspondances de cette espèce qui admettent la plus grande généralité dépendent de *deux fonctions arbitraires d'un argument;* elles sont déterminées par une courbe et un faisceau de droites prises dans chacun des deux plans et par une correspondance projective entre les deux faisceaux.

5. Dans le cas de *correspondances de la troisième espèce* les correspondances *générales* dépendent *de quatre fonctions arbitraires d'un argument.*

Il existe des correspondances de la troisième espèce *dont les courbes caractéristiques sont des droites* et elles dépendent, en général, de *trois fonctions arbitraires d'un argument*. On déduit leur construction géométrique en établissant une correspondance ponctuelle entre deux courbes prises arbitrairement dans les deux plans et en considérant la transformation projective qui réalise le contact analytique du troisième ordre entre ces deux courbes.

6. Chaque correspondance de la *quatrième espèce* est une correspondance *projective*.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Remarques sur les droites singulières des congruences*. Note de M. **Gaston Julia.**

1. Soit une congruence de droites D définies par les équations

$$x = az + p, \qquad y = bz + q,$$

au voisinage d'une de ces droites D_0. Cette droite D_0 sera *singulière* si ses points focaux ou ses plans focaux coïncident, ou sont indéterminés. Si a, b, p, q sont *uniformes* autour des valeurs des paramètres correspondant à D_0, on peut supposer d'abord que p et q *sont eux-mêmes les paramètres;* p_0, q_0 étant leurs valeurs pour D_0, le discriminant commun $H = (b'_q - a'_p)^2 + 4a'_q b'_p$, des équations aux développables, aux points focaux, aux plans focaux, est nul pour (p_0, q_0). L'équation $H = 0$ détermine la courbe lieu des traces m_0 sur xOy des droites singulières D_0 du type actuel. C'est en général, d'après la théorie des intégrales singulières de l'équation aux développables

$$a'_q q'^2 - (b'_q - a'_p) q' - b'_p = 0, \tag{1}$$

un lieu de points de rebroussement des traces sur xOy des développables de la congruence. Sur D_0 les points focaux F_1 et F_2 se confondent en M_0,

de cote z_0 définie par $z_0(a'_{p_0}+a'_{q_0}q'_0) = -1$. Lorsque $m_0(p_0, q_0)$ décrit $H=0$, M_0 décrit une ligne $\mathcal{L}$. Suivant $\mathcal{L}$ *se raccordent* les deux nappes S_1 et S_2 de la surface focale, qui sont données, au voisinage de $\mathcal{L}$, par des équations

$$z_1 = A + B\sqrt{H}, \qquad z_2 = A - B\sqrt{H},$$

A, B, H étant uniformes autour de (p_0, q_0), S_1 *et* S_2 *sont deux portions, non analytiquement distinctes d'une surface* $\mathcal{S}$. Les arêtes de rebroussement $\mathfrak{A}_1$ et $\mathfrak{A}_2$, situées sur S_1 et S_2, des développables Δ_1 et Δ_2 de la congruence passant par D_0, arrivent en M_0 sans singularité et tangentiellement à D_0 : *elles se prolongent analytiquement l'une par l'autre*. D_0 est tangente *stationnaire* de $\mathfrak{A}_1$ et $\mathfrak{A}_2$ se révélant par le rebroussement que possède en m_0 la trace de Δ_1 et Δ_2 sur xOy qui est une intégrale de (1). Les courbes de contact C_1 et C_2 de Δ_1 et Δ_2 avec S_2 et S_1 arrivent sans singularités en M_0, tangentiellement à D_0, et se prolongent mutuellement. D_0 coupe $\mathcal{S}$ en *quatre points confondus avec* M_0. $\mathcal{L}$ est le lieu des points de $\mathcal{S}$ où une tangente asymptotique D_0 est *surosculatrice*. En général $\mathcal{L}$ n'est pas enveloppe de D_0 (exemple : parallèle minimum du tore pour la congruence des tangentes doubles); elle peut quelquefois l'être (parallèles supérieur et inférieur du tore) : $H=0$ est alors une intégrale singulière de (1) et $\mathcal{L}$ une enveloppe d'asymptotiques de $\mathcal{S}$, et de courbes $\mathfrak{A}$ et C précédentes.

2. Les choses se passent différemment au voisinage d'une *ligne double* Γ *de la surface focale*, S_1 et S_2 étant les deux nappes se coupant suivant Γ, avec plans tangents distincts P_1 et P_2 en tout point Φ de Γ. Les droites singulières de cette espèce sont les tangentes à Γ : elles ont leurs points focaux confondus au point de contact Φ, les plans focaux P_1, P_2 étant distincts.

On peut supposer ici a et b uniformes en (p, q) au voisinage de tout point $m_1(p_1, q_1)$, trace sur xOy d'une tangente D_1 à Γ. Par D_1 passent en général *trois* développables de la congruence. La première, Δ_1, a son arête de rebroussement $\mathfrak{A}_1$ sur S_1 ; $\mathfrak{A}_1$ est tangente à Γ et à D_1 en Φ_1 ; le plan P_2, osculateur à $\mathfrak{A}_1$ en Φ_1, est *stationnaire*, et la trace de Δ_1 sur xOy présente en m_1 une *inflexion*; Δ_1 touche S_2, le long d'une C_1 qui présente en Φ_1 un point de *rebroussement*. La deuxième, Δ_2, a des propriétés analogues en intervertissant les rôles de S_1 et S_2. La troisième, *développable singulière* de la congruence, est engendrée par les tangentes à Γ ; sa trace sur xOy appartient à la courbe $H=0$ du n° 1 ; en tout point m_1 de cette trace l'équation (1) est *indéterminée* $[a'_q = b'_p = 0,\ b'_q = a'_p]$, et il y passe *trois* intégrales régulières de (1) dont deux ont des inflexions. Sur S_1 et S_2, Γ est enveloppe des $\mathfrak{A}_1$ et $\mathfrak{A}_2$, lieu de rebroussements des C_1 et C_2. Pour (p_1, q_1), l'équation

aux plans focaux est aussi indéterminée, l'équation aux points focaux a une racine double.

3. *Corrélativement*, il y a des droites singulières $\mathcal{D}_1$, à plans focaux confondus suivant un *plan bitangent* Π *à la surface focale*, à points focaux distincts, $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$ étant les contacts de Π avec S_1 et S_2. Soit $\mathcal{C}_1$ le lieu de $\mathcal{F}_1$ sur S_1, $\mathcal{C}_2$ celui de $\mathcal{F}_2$ sur S_2. Ici a et b *ne sont plus uniformes en* (p, q) au voisinage de $m_1(p_1, q_1)$ trace de $\mathcal{D}_1$ sur xOy; mais a, b, p, q seraient uniformes en (u, v) coordonnées d'un plan passant par D et par un point fixe de l'espace : par exemple a et p seraient uniformes en (b, q). Par $\mathcal{D}_1$ passent *trois* développables de la congruence. La première, Δ_1, a son arête $\mathcal{A}_1$ sur S_1, tangente en $\mathcal{F}_1$ à $\mathcal{D}_1$, : $\mathcal{F}_1$ *est un rebroussement de* $\mathcal{A}_1$; Δ_1 touche S_2 suivant C_1, tangente en $\mathcal{F}_2$ à $\mathcal{C}_2$; en $\mathcal{F}_2$ il y a *contact du troisième ordre* entre C_1 et la courbe de contact avec S_2 du cône de sommet $\mathcal{F}_1$. La deuxième, Δ_2, a des propriétés analogues en intervertissant S_1 et S_2. La troisième, développable singulière, est l'enveloppe des plans bitangents considérés : elle touche S_1 suivant $\mathcal{C}_1$ et S_2 suivant $\mathcal{C}_2$. Avec des paramètres (u, v) tels que a, b, p, q soient uniformes autour de (u_1, v_1) relatifs à $\mathcal{D}_1$, l'équation différentielle des développables devient indéterminée, ainsi que l'équation aux points focaux; l'équation aux plans focaux a une racine double.

4. Les considérations précédentes s'appliquent aux ombilics et aux lignes de courbure d'une surface donnée Σ, en envisageant la surface des centres $\mathcal{S}$. A un ombilic μ de Σ correspond un point double M de $\mathcal{S}$. Par μ passe, sur Σ, la ligne imaginaire L des points à directions principales confondues suivant une droite isotrope qui soit tangente asymptotique; L est lieu de rebroussements des lignes de courbure de Σ, elle joue le rôle de $H = 0$ du n° 1. Il lui correspond, sur $\mathcal{S}$, la ligne $\mathcal{L}$ du n° 1 et cette ligne passe au point double M de $\mathcal{S}$. La normale D_1 à Σ en μ présente des phénomènes connus analogues à ceux qu'on a signalés au n° 2, seulement, ici M peut être point double isolé de $\mathcal{S}$. L'équation aux développables est indéterminée, pour D_1. Ce qu'on a dit au n° 2 s'applique directement aux *lignes d'ombilics* correspondant à des lignes doubles de la surface des centres.

Les résultats qui précèdent ne concernent que les cas *généraux*. Les cas particuliers seront étudiés dans un Mémoire ultérieur, ainsi que de nombreux exemples.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les invariants des séries entières.* Note de M. J. **Hjelmslev**, présentée par M. Goursat.

Problème I. — *Soient* N *séries entières de n variables* $t_1, t_2, \ldots, t_n (N > n \geqq 1)$

$$a_i(t_1, t_2, \ldots, t_n) = \sum_p a_{ip} t_p + \frac{1}{1.2} \sum_{p,q} a_{ipq} t_p t_q + \ldots.$$

Considérons le groupe des substitutions

$$t_k \to \sum_p \alpha_{kp} t_p + \frac{1}{1.2} \sum_{p,q} \alpha_{kpq} t_p t_q + \ldots,$$

les α *étant arbitraires. Trouver les invariants; c'est-à-dire les fonctions des coefficients* $a_{ip}, a_{ipq}, \ldots,$ *qui se transforment en elles-mêmes quand on y substitue les coefficients correspondants des séries transformées.*

Solution. — On transforme $a_1(t_1, t_2, \ldots, t_n)$, $a_2(t_1, t_2, \ldots, t_n)$, $\ldots$, $a_n(t_1, t_2, \ldots, t_n)$ en $t_1, t_2, \ldots, t_n$ respectivement. La substitution correspondante est unique. On la trouve par des calculs algébriques élémentaires. Les autres séries $a_{n+1}(t_1, t_2, \ldots, t_n)$, $\ldots$, $a_N(t_1, t_2, \ldots, t_n)$ seront transformées par la même substitution en des séries nouvelles, dont les coefficients forment un système complet d'invariants. Le résultat s'exprime d'une autre manière, qui rend la solution évidente. On ordonne les $N - n$ séries en séries entières des n autres séries considérées comme des variables indépendantes. Les coefficients obtenus sont les invariants cherchés.

En même temps qu'on a trouvé les invariants, on a trouvé aussi les covariants. En effet, à chaque invariant correspondra un covariant qu'on obtiendra en remplaçant les coefficients par les dérivées aux indices correspondants $\left(\text{par exemple on remplacera } a_{ipq} \text{ par } \frac{\partial a_i(t_1, t_2, \ldots t_n)}{\partial t_p \, \partial t_q}\right.$, la dérivation étant purement formelle$\left.\right)$.

Le calcul algébrique des séries entières et la théorie de leurs invariants comprend le calcul différentiel ordinaire. En supposant les séries convergentes, on reconnaît des questions connues sur les fonctions analytiques. Mais nos considérations s'étendent aussi aux fonctions plus générales. Soit, par exemple, une fonction d'une variable t dérivable un certain nombre n de fois. La fonction s'exprimera par

$$f(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \ldots + a_n t^n + o(t^n).$$

Effectuant la substitution $t \rightarrow \alpha_1 t + \frac{1}{2}\alpha_2 t^2 + \ldots$ le terme $o(t^n)$ sera transformé en $o(t^n)$, c'est-à-dire que ce terme est un « invariant », on peut donc le laisser de côté. Ainsi nos considérations sur les invariants s'appliquent aux fonctions dérivables un certain nombre de fois. Mais ces considérations auront évidemment des applications encore plus générales.

De ce point de vue on reconnaît qu'en réalité le calcul de dérivation ne contient rien qui ne soit dans le calcul des polynomes, et qu'en vérité le calcul des polynomes est le plus général.

PROBLÈME II. — *Soit une série entière de n variables $t_1, t_2, \ldots, t_n$*

$$A(t_1, t_2, \ldots, t_n) = \sum_p A_p t_p + \frac{1}{1.2} \sum_{p,q} A_{pq} t_p t_q + \ldots,$$

où les A_p, $A_{pq}, \ldots$ sont des vecteurs dans un espace euclidien dont le nombre de dimensions surpasse n. Considérons le groupe des substitutions

$$t_i \rightarrow \sum_p \alpha_{ip} t_p + \frac{1}{1.2} \sum_{p,q} \alpha_{ipq} t_p t_q + \ldots,$$

les α_{ip}, α_{ipq} étant des scalaires arbitraires.

Trouver les invariants.

La solution de ce problème est contenue dans la solution du problème I. Mais nous en donnerons une autre purement vectorielle.

Solution. — Par une des substitutions on transforme la série en une autre ayant les mêmes termes du premier degré et, pour les termes des degrés supérieurs, des coefficients A'_{kl}, $A'_{klm}, \ldots$, tels que $A_p A'_{kl} = 0$, $A_p A'_{klm} = 0, \ldots$.

Les invariants simultanés absolus des formes algébriques obtenues $\Sigma A_p t_p$, $\Sigma A'_{pq} t_p t_q, \ldots$ forment un système complet d'invariants vectoriels. On peut ajouter que les formes susdites représentent un système complet de tenseurs covariants.

PROBLÈME III. — *Trouver les invariants simultanés d'une suite de séries entières vectorielles ou scalaires. La solution de ce problème se trouve aisément au moyen de la même méthode, déjà indiquée pour les problèmes I et II.*

La solution des problèmes précédents comprend la solution des problèmes connus non seulement du calcul de dérivation ordinaire mais aussi du calcul différentiel dit absolu. Mais le calcul se présente de notre point de vue comme purement algébrique et indépendant des questions de convergence ou des concepts infinitésimaux. Pour les applications, l'utilisation systématique de ce calcul des séries entières représentera une véritable généralisation des méthodes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode intermédiaire de calcul des variations*. Note de M. **André Roussel**, présentée par M. Goursat.

1. Le but de cette Note est d'indiquer un procédé intermédiaire entre la méthode directe de Lebesgue-Hilbert et les méthodes classiques, applicable dans des cas étendus, et permettant d'affirmer l'existence des fonctions définies par les équations du calcul des variations. Il consiste, étant donnée l'intégrale

$$\mathrm{I}=\int_a^b f[x, y, y', \ldots, y^{(n)}]\, dx,$$

à chercher son minimum dans la *classe restreinte* des courbes satisfaisant à des inégalités de la forme, où $y, y', \ldots y^{(2n)}$ sont continues

$$|y| \leqq \mathrm{M}, \qquad |y'| \leqq \mathrm{M}, \qquad \ldots, \qquad |y^{(2n)}| \leqq \mathrm{M}, \qquad |y^{(2n)}(x_2)-y^{(2n)}(x_1)| \leqq \mathrm{M}\,|x_2-x_1|.$$

Alors le théorème d'Ascoli permet d'affirmer l'existence d'une fonction $y_0(x)$ fournissant le minimum de I [on suppose les intervalles $(b-a)$ contenus dans un même intervalle fini], et satisfaisant aux inégalités précédentes. Si ces dernières ont lieu au sens strict, ce qui a lieu dans des cas très vastes, pour une valeur assez grande de M, on peut alors considérer les fonctions de la forme $y_0+\alpha\eta$ qui font partie de la classe restreinte envisagée, et les raisonnements classiques montrent que y_0 satisfait aux équations du calcul des variations.

Exemples. — Faisons $n=2$ et supposons, pour toutes les valeurs de y, y', y'', que l'on ait $\frac{\partial^2 f}{\partial y'^2}>\alpha$, $\frac{\partial^2 f}{\partial y''^2}>\beta$, $f>\gamma$ où α, β, γ sont des constantes positives. Si f admet des dérivées partielles du cinquième ordre continues, on peut alors trouver une extrémale $y_0(x)$ satisfaisant aux conditions

$$y_0(a)=\mu, \qquad y'_0(a)=\mu', \qquad y_0(b)=\nu, \qquad y'_0(b)=\nu',$$

μ, μ', ν, ν' étant arbitraires. On généralise immédiatement pour n quelconque. Les extrémales obtenues sont d'ailleurs uniques si la figurative

$$u=f[x, y, y', \ldots, y^{(n)}]$$

tourne au sens strict sa concavité vers les u positifs. Ce raisonnement s'étend aux intégrales doubles portant sur une expression dépendant de dérivées jusqu'à un ordre quelconque n, les inégalités devenant cependant de plus en plus restrictives. Ainsi pour $n=1$ s'il existe trois constantes positives α_1,

β_1, γ_1 telles que

$$F(x, y, z, p, q) > \alpha_1, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial p^2} > \beta_1, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial p^2}\frac{\partial^2 F}{\partial q^2} - \frac{\partial F^2}{\partial p\, \partial q} > \gamma_1,$$

et si F admet des dérivées troisièmes continues, on peut faire passer par toute courbe fermée sans points doubles, représentée par des équations paramétriques ayant des dérivées continues des trois premiers ordres, une surface intégrale de l'équation d'Euler relative à F.

2. Pour terminer j'indique une application de la méthode de Lebesgue-Hilbert inédite à ma connaissance. Soit un élément linéaire

$$ds^2 = E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2,$$

les seules hypothèses sur E, F, G, outre la continuité, étant

$$E > \alpha > 0, \qquad G > \beta > 0, \qquad EG - F^2 > \gamma > 0;$$

alors par deux points assez voisins il passe une seule géodésique rectifiable *admettant une tangente variant avec continuité*. A chaque direction issue d'un point P correspond une géodésique qui lui est tangente, et si l'on prend à partir de P des arcs de même longueur sur chacune d'elles on obtient leurs trajectoires orthogonales. Enfin l'équation de ces géodésiques s'obtient en écrivant que l'intégrale curviligne adjointe à $\int ds$ est nulle sur tout contour fermé.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières à série lacunaire.* Note [1] de M. G. Pólya, transmise par M. Hadamard.

1. Les remarques suivantes constituent, à ce qu'il me paraît, une première réponse à une question intéressante posée récemment par M. A. Bloch [2]. Une fonction entière $\mathcal{G}(z)$ prend, d'après M. Julia, toute valeur, sauf une au plus, une infinité de fois dans un entourage angulaire quelconque de certaines demi-droites issues de l'origine que j'appellerai « demi-droites à la Julia ».

Considérons la fonction entière d'ordre infini

$$(1) \qquad \mathcal{G}(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots.$$

(1) Séance du 25 mai 1927.

(2) *Mémorial des Sciences math.*, fasc. XX, p. 16.

I. *Si les a_n sont positifs, ou si les arguments des a_n sont compris entre*

$$-\delta \quad et \quad +\delta, \; 0 < \delta < \frac{\pi}{2},$$

la partie positive de l'axe réel est une demi-droite à la Julia pour $\mathcal{G}(z)$.

II. *Si la densité des coefficients est zéro, chaque demi-droite issue de l'origine est à la Julia.*

III. *Si la densité maximum des coefficients est ϖ, chaque angle fermé d'ouverture $2\pi\varpi$ contient au moins une demi-droite à la Julia.*

IV. *Si $\mathcal{G}(z)$ est quelconque, il suffit de changer le signe d'une infinité de coefficients convenablement choisis pour que chaque demi-droite issue de l'origine devienne à la Julia pour la nouvelle série.*

En remplaçant « fonction entière d'ordre infini » et « demi-droite à la Julia » par « série à rayon de convergence fini » et « point singulier », I-IV se changent en théorèmes connus. Voici la raison :

Si $\mathcal{G}(z)$ est d'ordre infini dans chaque entourage angulaire d'une demi-droite, cette dernière est à la Julia, d'après M. Bieberbach. Donc par exemple le théorème II est contenu dans le suivant :

II'. *Si la densité des coefficients d'une fonction entière $\mathcal{G}(z)$ est zéro et son ordre λ ($\lambda \leq \infty$), $\mathcal{G}(z)$ ne peut être d'ordre inférieur à λ dans aucun angle.*

Mais II' peut être généralisé de manière qu'il comprenne un théorème sur le type de certaines fonctions entières d'ordre 1, théorème qui, par l'intermédiaire de la sommation exponentielle, est équivalent au théorème connu de M. Fabry, analogue à II.

2. Il suffit de démontrer II' en supposant : 1° que la bissectrice de l'angle en question est l'axe réel positif et 2° que les coefficients a_n sont réels et $a_n > 0$. En suivant une méthode due à M. Faber, on définit une fonction entière

$$g(z) = \prod_{n=1}^{\infty} (1 - z^2 l_n^{-2}),$$

telle que $2l_n$ soit un entier positif impair, $nl_n^{-1} \to 0$ et

$$g(n)a_n \geq 0 \qquad \text{pour } n = 0, 1, 2, \ldots. \tag{2}$$

On sait que

$$f(z) = g(0) + g(1)z + g(2)z^2 + \ldots \tag{3}$$

est une fonction entière de $(z-1)^{-1}$ qui s'annule pour $z = \infty$ et que

$$\left|\sqrt[n]{g(n)}\right| \to 1. \tag{4}$$

Considérons $\mathcal{H}(f, \mathcal{G})$, la série composée à la manière de M. Hadamard avec (1) et (3). On a

$$(5)\qquad g(0)a_0 + g(1)a_1 z + \ldots + g(n)a_n z^n + \ldots = \frac{1}{2\pi i}\int f(u)\,\mathcal{G}\left(\frac{z}{u}\right)\frac{du}{u};$$

le chemin d'intégration étant un petit cercle entourant le point $u = 1$ et parcouru en sens inverse. Le premier membre de (5) représente, d'après (4) et (2), une fonction entière d'ordre λ à coefficients positifs; mais le second membre serait d'ordre inférieur à λ le long de l'axe réel positif si $\mathcal{G}(z)$ l'était dans un angle contenant l'axe réel positif.

Par la même méthode, on obtient d'autres résultats, dont voici un : *une fonction entière d'ordre fini dont les coefficients sont de densité* o *n'a pas de valeur asymptotique finie.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions analytiques.* Note [1] de M. **Gr. Fichtenholz**, présentée par M. Émile Borel.

Les résultats de notre Note récente [2] se transportent (avec quelques simplifications) aux suites de fonctions analytiques de la variable complexe z, holomorphes pour $|z| < 1$. Soit $\{\varphi_n(z)\}$ une telle suite. Nous allons l'assujettir à l'une des deux conditions (A^*), (B^*), tout à fait analogues aux conditions (A), (B) de la Note citée.

Si la condition (A^*) est vérifiée, la fonction $\varphi_n(z)$ est présentée par la formule de Poisson :

$$\varphi_n(re^{i\theta}) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \varphi_n(e^{i\lambda})\,\frac{1 - r^2}{1 - 2r\cos(\lambda - \theta) + r^2}\,d\lambda$$

ou, si l'on veut, par la formule de Cauchy :

$$\varphi_n(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{\varphi_n(t)\,dt}{t - z},$$

où la dernière intégrale est étendue sur la circonférence **C** ($|z| = 1$) et $\varphi_n(t) = \varphi_n(e^{i\lambda})$ désigne la limite de $\varphi_n(z)$, lorsque z tend vers $t = e^{i\lambda}$ le long d'un chemin non tangent à **C** (cette limite existant, dans ce cas, presque partout).

---

[1] Séance du 7 juin 1927.

[2] *Sur les suites de fonctions harmoniques* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1370).

De la même façon, dans l'hypothèse (B^*), on a pour chaque fonction $\varphi_8(z)$ la formule de Poisson généralisée :

$$\varphi_n(r\,e^{i\theta}) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{1-r^2}{1-2r\cos(\lambda-\theta)+r^2}\,d\Phi_n(\lambda) \tag{1}$$

et, en même temps, la formule de Cauchy généralisée :

$$\varphi_n(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\mathbf{C}} \frac{d\Psi_n(t)}{t-z}, \tag{2}$$

où les intégrales sont prises dans le sens de Stieltjes et les fonctions $\Phi_n(\lambda)$, $\Psi_n(t)$ sont à variation bornée; de plus, on a

$$\lim_{z \to t} \varphi_n(z) = \frac{d}{dt}\Psi_n(t)$$

partout où cette dérivée (le long de la circonférence **C**) existe et est finie, c'est-à-dire presque partout sur **C**. Les fonctions $\Phi_n(\lambda)$, $\Psi_n(t)$ peuvent être supposées *réduites*, dans ce sens qu'on a

$$\int_0^{2\pi} \Phi_n(\lambda)\,d\lambda = 0, \quad \text{resp.,} \quad \int_{\mathbf{C}} \Psi_n(t)\,dt = 0.$$

On a les propositions suivantes :

THÉORÈME I. — *Dans l'hypothèse* (A^*), *pour que la suite* $\{\varphi_n(z)\}$ *converge vers une fonction holomorphe* $\varphi(z)$ (*pour* $|z| < 1$); IL FAUT ET IL SUFFIT *que les intégrales*

$$\Phi_n(\theta) = \int_0^\theta \varphi_n(e^{i\lambda})\,d\lambda$$

tendent, pour $n \to \infty$, *vers la fonction-limite* $\Phi(\theta)$ *dans un ensemble* $\mathfrak{M} = \{M\}$ *de points* $M(e^{i\theta})$ *sur* **C** *dont la mesure est positive.*

Cette condition étant remplie, la limite $\Phi(\theta) = \lim\limits_{n \to \infty} \Phi_n(\theta)$ existera partout sur **C** et se présentera sous la forme de l'intégrale indéfinie d'une fonction sommable $\varphi^*(\lambda) = \varphi(e^{i\lambda})$; avec cette fonction-ci, pour la fonction-limite $\varphi(z) = \lim\limits_{n \to \infty} \varphi_n(z)$, on a la formule

$$\varphi(r\,e^{i\theta}) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \varphi(e^{i\lambda}) \frac{1-r^2}{1-2r\cos(\lambda-\theta)+r^2}\,d\lambda.$$

THÉORÈME I*. — *Le théorème précédent subsiste, si l'on y remplace la fonc-*

tion $\Phi_n(\lambda)$ *par la fonction*

$$\Psi_n(x) = \int_1^x \varphi_n(t)\,dt,$$

l'intégrale s'étendant sur l'arc de la circonférence **C**.

La limite $\Psi(x) = \lim\limits_{n \to \infty} \Psi_n(x)$ [qui existe partout sur **C**, pourvu qu'elle existe sur $\mathfrak{M}$, mes $\mathfrak{M} > 0$] se présentera sous la forme

$$\Psi(x) = \int_1^x \varphi(t)\,dt$$

et nous aurons

$$\lim_{n \to \infty} \varphi_n(z) = \varphi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\mathrm{C}} \frac{\varphi(t)\,dt}{t - z},$$

avec $\lim\limits_{z \to t} \varphi(z) = \varphi(t)$ presque partout sur **C**.

Théorème II. — *Si la suite* $\{\varphi_n(z)\}$ *satisfait à l'hypothèse* ($\mathrm{B}^\star$), *pour que cette suite converge vers la fonction holomorphe* [*pour* $|z| < 1$], il faut et il suffit *que la fonction* $\Phi_n(\lambda)$, *dans la formule* (1), *converge en mesure, pour* $n \to \infty$, *vers la fonction-limite, dans un ensemble* $\mathfrak{M} = \{\mathrm{M}\}$ *de points* $\mathrm{M}(e^{i\lambda})$ *sur* **C**, mes $\mathfrak{M} > 0$.

Cette condition étant remplie sur $\mathfrak{M}$, elle est vérifiée d'elle-même partout sur **C**; il en résulte aussi qu'il existe la limite déterminée

$$\lim_{n \to \infty} [\Phi_n(2\pi) - \Phi_n(0)] = c.$$

Parmi les fonctions-limites équivalentes de la fonction $\Phi_n(\lambda)$, on trouve une fonction $\Phi(\lambda)$ à variation bornée, satisfaisant de plus à la condition $\Phi(2\pi) - \Phi(0) = c$; avec cette fonction-ci on aura

$$\lim_{n \to \infty} \varphi_n(r e^{i\theta}) = \varphi(r e^{i\theta}) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{1 - r^2}{1 - 2r\cos(\lambda - \theta) + r^2}\, d\Phi(\lambda).$$

En partant de la formule (2), au lieu de (1), on transformera ce théorème en un théorème $\mathrm{II}^\star$ qui est analogue au théorème $\mathrm{I}^\star$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le déplacement des zéros des fonctions entières par leur dérivation.* Note de **M. Biernacki**, présentée par M. Émile Borel.

1. Cette Note complète une Note portant le même titre et présentée à l'Académie des Sciences le 3 juillet 1922.

Considérons une fonction entière $f(z)$ d'ordre fini ayant tous ses zéros réels, appelons p le genre de son produit canonique $\pi(z)$, q celui du facteur exponentiel, désignons par a_n ses zéros et en posant $|a_n| = n^{\lambda_n}$ $\overline{\lim}_{n=\infty} \lambda_n = \lambda'$. Nous dirons que les zéros s'accumulent vers une demi-droite ou vers une droite si l'angle ou les angles d'ouverture arbitrairement petite dont cette demi-droite ou cette droite est bissectrice contient une infinité de zéros.

Dans la Note citée j'ai établi que, *sauf peut-être dans le cas où les trois conditions suivantes sont simultanément remplies : 1° $p = q$ entier impair; 2° $\lambda' \geqq \frac{1}{p}$; 3° les deux produits canoniques correspondant aux zéros positifs et négatifs seuls sont du même genre* [1], *les zéros de la dérivée ne peuvent s'accumuler que vers l'axe réel.*

Depuis, M. Ålander a montré [2] que mon théorème subsiste si en posant $f(z) = e^{c_p \frac{z^p}{p} + \ldots + c_1 z} \pi(z)$, c_p est réel; il a montré en outre que si tous les zéros de $f(z)$ sont par exemple positifs l'axe positif est, dans tous les cas, la seule demi-droite d'accumulation.

En rédigeant ladite Note je croyais que mon théorème s'étendait en réalité à toutes les fonctions d'ordre fini. Il n'en est cependant pas ainsi.

2. *Il existe des fonctions de tout genre impair p ayant tous leurs zéros réels et dont la dérivée a une infinité de zéros purement imaginaires.*

Définissons une suite de nombres positifs λ_n de la manière suivante :

Soient λ, μ des nombres fixes satisfaisant aux inégalités $\frac{p+2}{(p+1)^2} < \lambda < \frac{1}{p}$, $1 < \mu < (p+1)[(p+1)\lambda - 1]$ et n_1, n_2, n_3, ... une suite infinie d'entiers positifs qui va être définie. Pour $n = n_k - 1$, on posera $\lambda_n = \lambda$; pour $n_k \leqq n \leqq n_k^{p+1}$, $\lambda_n = \mu$; enfin pour $n_k^{p+1} < n \leqq n_{k+1} - 1$, on choisira les λ_n décroissants de manière que $\frac{\lambda_{n+1}}{\lambda_n} > \frac{\log n}{\log(n+1)}$. On peut prendre, par exemple, $n_1 = 2$ et la dernière condition permet de déterminer successivement les nombres n_k. Considérons l'expression $\Phi(y) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{y}{a_n^{p-1}(a_n^2 + y^2)}$, où $a_n = n^{\lambda_n}$.

---

[1] Dans la Note citée j'ai formulé des conditions légèrement différentes.

[2] *Arkiv för Matematik*, 18, 1924, p. 1-18. On trouvera dans ce travail d'autres propositions concernant notre sujet.

Si $y = a_{n_k}$, $\Phi(y) \to 0$ lorsque $k \to \infty$. Écrivons $\Phi(y) = \sum_1^{n_k - 1} + \sum_{n_k}^{n_k^{p+1}} + \sum_{n_k^{p+1}+1}^{\infty}$.

La première somme est inférieure au produit du premier terme par $n_k = y^{\frac{1}{\mu}}$, la deuxième est inférieure à $\sum_{n_k}^{\infty} \frac{y}{n^{(p+1)\mu}} \to 0\left(\frac{y}{n_k^{(p+1)\mu-1}} = \frac{1}{y^{p-\frac{1}{\mu}}}\right)$, la troisième est inférieure à $\sum_{n_k^{p+1}}^{\infty} \frac{y}{n^{(p+1)\lambda}} \to 0\left(\frac{y}{n_k^{(p+1)[(p+1)\lambda-1]}} = \frac{1}{y^{\frac{(p+1)[(p+1)\lambda-1]}{\mu}-1}}\right)$.

Si $y = a_{n_k-1}$, $\Phi(y) \to \infty$ lorsque $k \to \infty$. Considérons $\sum_1^{n_k-1} \frac{y}{a_n^{p-1}(a_n^n + y^2)}$.

Chaque terme est plus grand que $\frac{1}{2y^p}$ et le nombre des termes est $y^{\frac{1}{\lambda}}$.

Ainsi donc β étant un nombre positif arbitraire, l'équation $\Phi(y) = \beta$ a une infinité de racines positives. Considérons la fonction $f(z) = e^{\frac{2\beta i}{p} z^p} \pi(z)$, les zéros de $\pi(z)$ étant $\pm a_n$ et $\beta > 0$. Les zéros de la dérivée sont donnés par l'équation $\frac{\pi'(z)}{z^{p-1}\pi(z)} = -2\beta i$. Si $z = iy$, le premier membre se réduit à $-2i\Phi(y)$.

3. Cependant, *étant donnée une fonction de la forme* $f(z) = e^{\frac{c_p}{p} z^p + \ldots + c_1 z} \pi(z)$ *où* $\pi(z)$ *est un produit canonique du genre* p *à zéros réels quelconques et* c_1, c_2, ..., c_{p-1} *sont fixés,* $f'(z)$ *a une infinité de zéros s'accumulant vers l'axe réels sauf peut-être pour deux valeurs de* c_p. Car ces zéros sont donnés par l'équation

$$\frac{\pi'(z)}{z^{p-1}\pi(z)} + \frac{c_{p-1}}{z} + \ldots + \frac{c_1}{z^{p-1}} \equiv h(z) = -c_p,$$

$h(z)$ est une fonction méromorphe d'ordre non nul. D'après M. Ostrowski [1] une telle fonction n'est pas « exceptionnelle Julia » ; il existe une demi-droite d'accumulation des zéros de toutes les équations $h(z) = -c_p$, sauf pour deux valeurs de c_p au plus. Or, dans le demi-plan supérieur par exemple, le coefficient de i dans $h(z)$ est inférieur à ε, $\varepsilon > 0$ étant arbitrairement petit si $|z|$ est assez grand.

---

[1] *Mathematische Zeitschrift*, 29, 1925, p. 257-258.

4. Je remarque pour terminer qu'*il existe des fonctions $f(z)$ dont les zéros de la dérivée s'accumulent exclusivement vers l'axe réel, tandis que leur distance à cet axe augmente indéfiniment avec le module*. Exemple : $\frac{e^{iz}-1}{z}$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les orbites périodiques du problème des trois corps avec chocs de deux corps*. Note de M. **Kiveliovitch**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons le mouvement des trois corps : P_0, P et P' de masses m_0, m et m'. Rapportons les mouvements de P à P_0 et de P' au centre de gravité de P_0P. Soient x_i, p_i et x'_i, p'_i les coordonnées canoniques correspondantes. Soient r, r_1 et r_2 les distances mutuelles et $\rho^2=\sum_1^3(x'_i)^2$.

L'intégrale des forces vives sera

$$F=\frac{1}{2\mu}\sum_1^3(p_i)^2+\frac{1}{2\mu'}\sum_1^3(p'_i)^2-\frac{\alpha}{r}-\frac{\alpha_1}{r_1}-\frac{\alpha_2}{r_2}=E.$$

Supposons que, pour $t=0$, les corps P_0 et P se choquent $(r=0)$. Pour régulariser le mouvement posons $dt=r\,du$ ($u=0$ pour $t=0$) et appliquons la transformation de Levi-Civita ([1]) :

$$x_i=\zeta_i\omega^2-2\omega_i\sum_1^3\zeta_j\omega_j,\qquad p_i=\frac{\omega_i}{\omega^2},\qquad \omega^2=\sum_1^3(\omega_i)^2$$

l'intégrale des forces vives étant remplacée par $H=r(F-E)$.

On trouve un nouveau système canonique

$$(\mathrm{I})\quad\left\{\begin{aligned}&\frac{d\zeta_i}{du}=\frac{\partial H}{\partial\omega_i},\qquad \frac{d\omega_i}{du}=-\frac{\partial H}{\partial\zeta_i},\qquad \frac{dx'_i}{du}=\frac{\partial H}{\partial p'_i},\qquad \frac{dp'_i}{du}=-\frac{\partial H}{\partial x'_i},\\ &H=-\alpha+\frac{\zeta}{2\mu}+\zeta\omega^2\left[\frac{\sum_1^3(p'_i)^2}{2\mu'}-\frac{\alpha_1}{r_1}-\frac{\alpha_2}{r_2}-E\right]=0,\end{aligned}\right.$$

E étant une constante fixée d'avance.

Supposons que la masse m_0 soit très grande par rapport à m et m'. On

([1]) *Comptes rendus*, **162**, 1916, p. 625.

peut mettre H sous la forme suivante :

$$H = H_1 + \varepsilon H_2,$$

$$H_1 = -\alpha + \frac{\zeta}{2\mu} + \zeta\omega^2\left[\frac{\sum \frac{(p_i')^2}{2\mu'}}{2\mu'} - \frac{\alpha_1+\alpha_2}{\rho}\right]$$

et

$$\varepsilon H_2 = \zeta\omega^2\left(\frac{\alpha_1+\alpha_2}{\rho} - \frac{\alpha_1}{r_1} - \frac{\alpha_2}{r_2}\right).$$

On intègre le système (I) par la méthode de Jacobi en supposant $\varepsilon = 0$. Comme pour la transformation de Levi-Cività, on a supposé E fixée d'avance, il est avantageux de prendre comme nouvelles variables canoniques le système iso-énergétique étudié par MM. Andoyer (¹), Levi-Cività (²) et De Sutter (³).

On trouve pour $\varepsilon = 0$:

$$\zeta_i = A_i\left[W_1 + \sqrt{W_1^2 - G_1^2}\cos w_1\right], \qquad x_i' = A_i'\left[W_2 - \sqrt{W_2^2 - G_2^2}\cos w_2\right];$$

les A_i et A_i' sont respectivement des fonctions de G_1, Θ_1, g_1 et θ_1 ; G_2, Θ_2, g_2 et θ_2 périodiques en g_1, θ_1, g_2 et θ_2. Les variables g_i, θ_i, G_i et Θ_i sont analogues aux variables de Delaunay, les W_i sont proportionnelles aux grands axes, w_1 et w_2 les anomalies excentriques.

Pour que le mouvement admette un choc au temps $t = 0$, il faut que $G_1 = 0$, c'est-à-dire que le corps P décrive, pour $\varepsilon = 0$, d'un mouvement périodique un segment de droite de longueur $2\sqrt{\sum_1^3 (A_i)^2 W_1}$; le corps P′ décrit une ellipse.

Pour $\varepsilon \neq 0$, on aura le système suivant :

$$\text{(II)}\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{dW_i}{du} = -\frac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial w_i}, \quad \frac{dG_i}{du} = -\frac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial g_i}, \quad \frac{d\Theta_i}{du} = -\frac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial \theta_i} \\ &\frac{dw_1}{du} = h_1 + \frac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial W_1}, \quad \frac{dw_2}{du} = h_2\frac{\zeta\omega^2}{\rho} + \frac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial W_2} \\ &\frac{dg_i}{du} = \frac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial G_i}, \quad \frac{d\theta_i}{du} = \frac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial \Theta_i} \end{aligned}\right. \qquad (i = 1, 2).$$

h_1 et h_2 des constantes.

(¹) *Bulletin astronomique*, 30, 1913, p. 425; et 32, 1918, p. 5.
(²) *Annali di Matematica*, 20, série III, 1913, p. 153.
(³) *Comptes rendus de l'Académie d'Amsterdam*, 16_1, 1913, p. 279.

Si l'on applique à ce système la méthode de Poincaré pour la recherche des solutions périodiques et en développant la fonction perturbatrice εH_2 suivant l'anomalie excentrique w_1, d'après la méthode de Hansen, on trouve que pour $\varepsilon \neq 0$ il existe :

1° Dans le cas plan, une orbite périodique, analogue à la solution de la deuxième sorte de Poincaré et dépendant de trois paramètres.

2° Dans l'espace, une orbite périodique analogue à la solution de la troisième sorte de Poincaré.

Dans les deux cas il faut que le rapport des moyens mouvements soit égal à un nombre entier et, en outre, la constante des aires doit être convenablement choisie.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le mouvement des nœuds de certaines orbites.* Note [1] de M. **P. Fatou**, présentée par M. Maurice Hamy.

Soient x, y, z les coordonnées d'un point de masse 1, soumis à une force dérivée du potentiel $\frac{\mu}{r} + F(r, z^2)$, μ constante positive, r rayon vecteur, F fonction uniforme et régulière à distance finie, sauf à l'origine, telle que $\frac{\partial F}{\partial (z^2)} < 0$.

Les équations du mouvement et l'intégrale des aires s'écrivent

$$(1)\quad \left\{ \begin{aligned} x'' &= x\left(-\frac{\mu}{r^3} + \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r}\right), \\ y'' &= y\left(-\frac{\mu}{r^3} + \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r}\right), \\ z'' &= z\left[-\frac{\mu}{r^3} + \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r} + 2\frac{\partial F}{\partial (z^2)}\right], \end{aligned} \right.$$

$$xy' - yx' = C.$$

Laissant de côté les trajectoires dans le plan $z = 0$, ou dans un plan passant par Oz ($C = 0$), nous considérons la ligne des nœuds instantanée, intersection du plan des xy et du plan tangent passant par O :

$$X(yz' - zy') + Y(zx' - xz') = 0.$$

---

[1] Séance du 13 juin 1927.

Soit ω la longitude de l'un des nœuds comptée à partir de Ox; les équations précédentes donnent

$$(2) \qquad \omega' = \frac{d\omega}{dt} = \frac{2Cz^2 \frac{\partial F}{\partial(z^2)}}{(xz' - x'z)^2 + (yz' - y'z)^2};$$

d'où $C\frac{d\omega}{dt} \leqq 0$, l'égalité n'ayant lieu qu'aux instants où $z = 0$. Le mouvement des nœuds est donc de sens contraire à celui de la projection du mobile sur le plan xOy (conséquence aussi d'une propriété géométrique des trajectoires que nous exposerons ailleurs).

Ceci s'applique aux orbites intermédiaires considérées par Hill dans la théorie de la Lune [1]; les équations du mouvement du centre de gravité de la Lune, rapporté à des axes de direction fixe convenablement choisis, passant par celui de la Terre, prennent en effet la forme (1) en posant

$$F = \frac{n'^2}{4}(r^2 - 3z^2), \qquad \text{d'où} \qquad \frac{\partial F}{\partial(z^2)} = -\frac{3n'^2}{4} < 0.$$

Considérons également les trajectoires d'un point soumis à l'action d'un sphéroïde de révolution aplati ayant un équateur [2]; on a

$$F = \frac{K}{r^3}\left(\frac{1}{3} - \sin^2 D\right) = \frac{K}{r^3}\left(\frac{1}{3} - \frac{z^2}{r^2}\right),$$

$$\frac{\partial F}{\partial(z^2)} = \frac{-K}{r^5} < 0$$

et le mouvement des nœuds est encore rétrograde.

Dans ces deux exemples, les trajectoires, correspondant à un domaine de variation convenable des constantes d'intégration, remplissent l'intérieur d'une surface annulaire de révolution ne rencontrant pas Oz (conséquence de l'intégrale de Jacobi). Elles comprennent un cercle $\Gamma(r = a,\ z = 0)$ qui correspond à une position stable d'équilibre relatif, autrement dit à un maximum de la fonction $\frac{\mu}{r} + F(r, z^2) - \frac{C^2}{2(r^2 - z^2)}$. Pour une orbite de ce faisceau, on déduit de (2) des limites supérieure et inférieure de $|\omega'|$. Soit

$$x = \rho\cos\theta, \qquad y = \rho\sin\theta, \qquad C = \rho^2\theta',$$

---

[1] Voir par exemple ANDOYER, *Sur un problème simple de Mécanique céleste Bull. de la Soc. math. de France*, **52**, 1, 1924, p. 1-2).

[2] V. TISSERAND, *Traité de Mécanique céleste*, 3, p. 144 et suiv. — P. FATOU, *Sur le mouvement d'un point matériel soumis à l'attraction d'un sphéroïde aplati* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 366).

d'où

$$\omega' = 2\frac{\partial F}{\partial(z^2)}\frac{\theta'}{\left(\frac{z'}{z}-\frac{\rho'}{\rho}\right)^2+\theta'^2}, \tag{3}$$

En vertu de la troisième équation (1), $\frac{z'}{z}$ se met, en choisissant convenablement l'origine des temps, sous la forme $\nu \cot g \nu t$, ν variable comprise entre deux limites positives faciles à évaluer; remplaçons ρ par $e^{\int \sigma dt}$ (σ fonction bornée, pratiquement petite par rapport à ν), il vient

$$\omega' = 2\frac{\partial F}{\partial(z^2)}\frac{\theta' \sin^2 \nu t}{(\nu \cos \nu t - \sigma \sin \nu t)^2 + \theta'^2 \sin^2 \nu t}.$$

On déduit de là que ω reste compris entre $mt+h$ et $m't+h'$, m et m' constantes de signe contraire à θ'. Si l'on est sur une orbite infiniment voisine de Γ, le mouvement angulaire du nœud à la limite est donné par

$$\frac{d\omega}{dt} = -2q\frac{n \sin^2 \nu^\star t}{\nu^{\star 2} \cos^2 \nu^\star t + n^2 \sin^2 \nu^\star t}, \tag{4}$$

p et q valeurs de $\frac{\partial F}{\partial r}$ et $-\frac{\partial F}{\partial(z^2)}$ pour $r=a$, $z=0$; n et $\nu^\star$ constantes définies par

$$na^2 = C, \qquad -\frac{\mu}{a^2}+p+n^2a=0, \qquad \nu^\star = \sqrt{n^2+\frac{p}{a}+2q}.$$

La formule (4) donne alors la valeur limite de m et m' : $g = \frac{-2q}{n+\nu^\star}$.

En appliquant ceci au premier exemple de tout à l'heure, on a pour la Lune $g = \frac{-3n'^2}{2(n+\sqrt{n^2+2n'^2})}$, d'où une durée de révolution du nœud de $17^a,9$ au lieu de $18^a,6$; eu égard au maximum de simplification introduit dans la question, l'écart est assez faible.

ASTRONOMIE. — *Origine et valeurs des excentricités des orbites d'après la cosmogonie dualiste.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Les cosmogonies monistes, par leurs hypothèses même, sont réduites à considérer comme des anomalies peu explicables les excentricités et les inclinaisons des orbites. Notre cosmogonie dualiste, en précisant les mouve-

ments du protosoleil, des planètes et satellites dans la nébuleuse primitive, peut au contraire en déterminer les causes et les valeurs moyennes. Nous avons déjà reconnu l'importance cosmogonique des aphélies (carte des aphélies des petites planètes) [1], résultant de ce fait général que dans la Nature tout mouvement d'oscillation périodique commence au point où l'énergie potentielle est maxima.

La Lune, seul satellite de la Terre, a une orbite dont l'excentricité peu variable doit remonter à l'origine. Soit la Lune en position d'apogée au moment où son rayon vecteur fait avec l'Équateur terrestre un angle de $23°27' - 5° = 18°27'$, l'angle de 5° étant l'angle minimum de ce plan avec l'orbite lunaire. La cosmogonie dualiste a montré que *le rayon moyen de l'orbite de la Lune est la distance à l'axe terrestre lorsqu'elle est à son apogée dans la position définie ci-dessus.* On a alors, e étant l'exentricité calculée et e_1 l'excentricité réelle,

$$(1+e)\cos(23°27' - 5°) = 1; \tag{1}$$

d'où

$$e = 0,0542 \qquad (e_1 = 0,0549).$$

Cette vérification précise permet en outre de calculer les limites de e, en introduisant dans (1) les limites $24°36' - 5° = 19°32'$ et $21°59' - 5°18' = 16°41'$ des angles figurant dans la formule. On trouve ainsi les valeurs extrêmes 0,04393 et 0,06150 de l'excentricité de l'orbite lunaire, valeurs qui diffèrent peu des limites 0,04629 — 0,06277 calculées par Tisserand (t. 3, p. 155). Généralisant la formule (1) et appelant i l'angle d'une orbite planétaire avec l'écliptique ou d'une orbite satellitaire avec l'équateur de la planète, on obtient :

$$(1+e)\cos i = 1, \tag{2}$$

formule qui donne la valeur de e en fonction de i, à condition que d'autres causes d'excentricité ne se surperposent pas à celle qui est due à i. Cette formule limite la valeur de i à 60° : on ne connaît pas en effet de petites planètes ou de satellites dont i approche de 60°. Avec $i = 45°$ on trouve $e = 0,424$, valeurs de e et i très voisines de celles de la petite planète HZ 1920 de la famille de Saturne.

Pour Pallas ($i = 34°41'$ $e = 0,238$) le calcul donne $e = 0,216$.

---

[1] *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 1460.

Pour VI de Jupiter ($i = 29^\circ \pm 2^\circ\ 12'$, $e = 0,133$) le calcul donne $0,120 < e < 0,169$.

Pour Phébé ($i = 28^\circ\ 06' \pm 5^\circ\ 32'$, $e = 0,166$), le calcul donne $0,142 < e < 0,201$.

La formule (2), ainsi bien vérifiée, exprime que dans l'écliptique ou l'équateur d'un système ($i = 0$) il n'y a d'autre cause d'excentricité que celles qui ne dépendent pas de l'inclinaison et qui sont les suivantes :

La pression de radiation cause d'excentricité. — Le protosoleil, dans sa phase assez courte de Nova, avec une température effective de 24000°, pouvait avoir une pression de radiation 256 fois plus grande que celle du Soleil, pression chassant loin du centre les poussières de la nébuleuse qui exerçaient ainsi une poussée centrifuge, même dans l'écliptique sur les petites planètes de faible masse. Mais cette poussée agit seulement sur une partie de leur orbite pendant un an ou deux, d'où production d'excentricité; car on sait que l'éclat des Novæ s'éteint rapidement et que la période des petites planètes est de 3 à 4 ans. Ainsi s'explique que des petites planètes dont $i < 10^\circ$ aient une excentricité variant de 0,30 à 0,38; elles doivent avoir une faible masse et une faible densité.

Rôle de la translation de la nébuleuse dans la production d'excentricité. — La nébuleuse primitive avait une composante de translation parallèle à l'écliptique, donnant lieu à une poussée P agissant sur toutes les orbites pour les excentrer. En négligeant e^2, on trouve que P produira une excentricité e si à la distance moyenne a elle est de l'ordre de la différence entre l'attraction à la distance a et à la distance périhélie. On aura alors

$$P = 2e\frac{M}{a^2}.$$

Rôle de l'augmentation rapide de la masse du protosoleil. — Si la masse du protosoleil s'accroît en traversant la nébuleuse d'une masse Δ_m en un temps qui ne soit qu'une fraction de la période d'une orbite planétaire, cette orbite sera excentrée. En effet, de la constante des aires combinée avec la troisième loi de Képler, on déduit que la distance moyenne a varie en raison inverse de $M(C^2 = aM)$. Si une orbite est circulaire à la distance $a(1+e)$, sa distance sera réduite à a pour la masse centrale $M + \Delta_m$. Par suite,

$$(M + \Delta_m)\,a = M\,a(1+e), \qquad \text{d'où} \qquad e = \Delta_m : M.$$

J'ai pu évaluer Δ_m par la loi des rotations ([1]) applicable à la durée de

([1]) *Comptes rendus*, 143, 1906, p. 1126.

rotation du Soleil, que j'ai obtenue comme la somme de deux termes ($670^h = 615^h,96 + 54^h,13$) dont le second représente la masse relative de la matière ayant accéléré la région équatoriale du Soleil. D'où

$$\Delta_m : M = 0,0879 = e.$$

D'autre part, Leverrier en 1843 a calculé (comme Stockwell en 1873), les maxima des e_m des orbites planétaires. Si l'on exclut Mercure dont l'excentricité est exceptionnelle en raison du voisinage du protosoleil, la moyenne des e_m calculées par Leverrier est 0,0866, valeur très voisine de 0,0879 trouvée plus haut. Ainsi les planètes ont dû commencer à circuler autour du Soleil au moment où elles en étaient le plus loin (énergie potentielle maxima) et le calcul ci-dessus donne la cause et la valeur moyenne des excentricités maxima des planètes.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *L'électron magnétique et la mécanique ondulatoire.* Note [1] de M. **L. Rosenfeld**, présentée par M. M. de Broglie.

Supposons que l'électron tourne autour d'un axe *fixe* Oz avec le moment cinétique M; soit φ_1 l'angle de rotation propre. Le moment magnétique de l'électron étant alors

$$\mathfrak{M} = M\frac{e}{4\pi m_0 c} \tag{1}$$

(unités de Heaviside), le potentiel vecteur au point de rayon vecteur r et de colatitude θ est

$$a_{x_1} = 0, \qquad a_{y_1} = \frac{\mathfrak{M}\sin\theta}{r^2}, \qquad a_z = 0,$$

l'axe Ox_1 étant l'origine des angles φ_1, choisi de manière que le point potentié soit dans le plan zOx_1.

En se reportant au n° 8 de mon Mémoire sur *l'Univers à cinq dimensions et la mécanique ondulatoire* [2], il est facile de voir que la fonction de de Broglie représentant un tel électron est

$$\left\{\begin{aligned} &\Psi = A\,e^{kS}, \qquad S = \frac{x^0}{a} + \mu ct - \frac{c}{e}M\varphi_1, \\ &k = iK = i\frac{2\pi}{h}\frac{e}{c}, \qquad \mu = \frac{m_0c^2}{e}. \end{aligned}\right. \tag{2}$$

[1] Séance du 13 juin 1927.

[2] *Bull. Ac. roy. Belg.*, 5e série, 13, vi, 1927, p. 16.

Pour quantifier la variable φ_1 d'après le procédé de Schrödinger, nous poserons

$$M = \frac{h}{4\pi} j \qquad (j \text{ entier}). \tag{3}$$

A l'équation de Schrödinger relative à l'électron non magnétique, il faut ajouter les termes dépendant du potentiel vecteur, qui se réduisent ici à

$$+ \frac{4\pi i}{h} \frac{e a_{y_1}}{c} \frac{\partial\Psi}{\partial y^1},$$

c'est-à-dire, en remarquant qu'au point potentié on a

$$\frac{\partial\Psi}{\partial y_1} = \frac{\partial\Psi}{\partial\varphi_1} \frac{\partial\varphi_1}{\partial y_1} = \frac{\partial\Psi}{\partial\varphi_1} \frac{1}{r\sin\theta} = -\frac{ij}{2} \Psi \frac{1}{r\sin\theta},$$

au terme

$$2k \frac{\mathfrak{M}\sin\theta}{r^2} \frac{\partial\Psi}{\partial y_1} = -2ki \frac{\mathfrak{M}\sin\theta}{r^2} \frac{j}{2} \frac{1}{r\sin\theta} \Psi = \frac{K\mathfrak{M}.j}{r^3} \Psi. \tag{4}$$

Or dans un travail récent ([1]), Epstein a considéré une équation de Schrödinger contenant précisément le terme supplémentaire (4), et il a montré que, moyennant la quantification (3), cette équation conduisait à une formule donnant correctement la structure fine.

La fonction (2) donne donc un modèle ondulatoire de l'électron magnétique d'Uhlenbeck et Goudsmit. Pour achever d'introduire cette conception dans la mécanique ondulatoire, il reste à tenir compte des mouvements possibles de précession de l'axe magnétique de l'électron, par exemple, autour de la direction d'un champ magnétique extérieur.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Le rendement de la fluorescence du niveau* K *pour les lignes* $K\alpha$. Note ([2]) de M. V. **Posejpal**, transmise par M. Pierre Weiss.

Je me propose de donner une expression générale de ce rendement en partant des suppositions qui m'ont servi récemment ([3]) pour le calcul du rendement de fluorescence R, défini et mesuré par M. Auger. Je les précise comme il suit :

([1]) *Proceed. Nat. Ac. Sc. Washington*, **13**, 1927, p. 232 et suiv.

([2]) Séance du 13 juin 1927.

([3]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1097.

1° Un atome qui a été ionisé à un de ses niveaux internes peut produire l'absorption de lignes pour toutes les lignes de son spectre X, correspondant aux sauts d'électrons de ce niveau-ci à un niveau plus profond, à nombre principal de quanta plus petit. Les lignes correspondant à une différence de ces nombres principaux égale à l'unité, c'est-à-dire les premières lignes de chaque série X éprouveront l'absorption de résonance.

2° Un quantum $h\nu$ ne peut être absorbé à un niveau donné d'un atome s'il n'entre pas dans l'espace limité par le noyau et la couche électronique en question. Cette condition satisfaite et ν étant égal ou supérieur à la fréquence du niveau en question, l'absorption aura une probabilité p pour se produire,

$$p = \frac{\tau \omega m_{\text{H}}}{\rho \pi a^2}, \tag{1}$$

où τ est le coefficient d'absorption de fluorescence, ρ le poids spécifique, ωm_{H} le poids absolu de l'atome considéré, a le rayon d'orbite circulaire de la couche électronique en question.

3° Si le quantum $h\nu$ ne vient pas du dehors, mais s'il naît dans l'atome lui-même par le saut d'un électron du niveau du nombre principal des quanta n' au niveau de nombre n, il existe une probabilité z pour que le quantum pénètre à l'intérieur de la couche électronique n et satisfasse à la condition 2°, nécessaire pour l'absorption. Nous admettons que z est une fonction continue du rayon a de l'orbite circulaire de la couche électronique n et qu'on peut poser, en première approximation, $z = c_0 a$, c_0 étant un paramètre indépendant du nombre atomique N et du niveau en question. La même chose a lieu pour la probabilité z' et la couche électronique n'.

Soit Q le nombre d'atomes semblables, ionisés à leur niveau K. Soit S le nombre total des quanta $h\nu_\alpha$ émis par ces atomes pendant leur reconstitution. Le rapport $S : Q = U_\alpha$ est le rendement de fluorescence cherché. Les Q atomes émettront, en revenant dans leur état normal, pendant la première phase de leur évolution, les lignes de la série K, et il y aura QA atomes émettant les lignes α, QB les lignes β et QC les lignes γ. On peut admettre que les probabilités A, B, C sont directement proportionnelles aux nombres d'électrons disponibles pour chaque ligne en question et inversement proportionnelles aux forces attractives exercées par le noyau sur eux. En négligeant C on trouve

$$A = \frac{a_{\text{M}}^2}{a_{\text{L}}^2 + a_{\text{M}}^2} = \frac{81}{97}, \tag{2}$$

en posant, en première approximation,

$$a = \frac{h^2}{4\pi^2 e^2 m} \frac{n^2}{N}. \tag{3}$$

Pour le nombre total S des quanta $h\nu_\alpha$ on trouve ensuite

$$S = QA[1 + (A - 1)z_K p_K - z_L p_L],$$

d'où l'on a pour le rendement

$$u_\alpha = \frac{S}{Q} = A[1 + (A - 1)z_K p_K - z_L p_L], \tag{4}$$

ce qui donne, en mettant pour z et p les valeurs données plus haut et en ayant égard à l'expression de Bragg et Peirce $\frac{\tau}{\rho}\omega = CN^4\lambda^3$, la formule

$$1 - \frac{u_\alpha}{A} = KN^5\lambda_\alpha^3, \tag{5}$$

dans laquelle K est une constante du niveau en question.

Le tableau fait voir l'accord de la formule (5) avec les mesures de M. Harms [1]. Il est bon [2].

Élément.	N.	$\lambda_\alpha 10^{-11}$ cm.	$N^5\lambda_\alpha^3 . 10^{-12}$.	u_α mes.	$1-\frac{u_\alpha}{A}$ mes.	$K.10^{18}$.	K Moyenne.	$1-\frac{u_\alpha}{A}$ Calcul
Fe......	26	1932	85679	0,475	0,431	5,04	5013.10^{-18}	0,430
Cu......	29	1537	74475	0,526	0,370	4,97		0,373
Zn......	30	1432	71357	0,530	0,365	5,11		0,358
Se......	34	1104	61137	0,584	0,301	4,93		0,306

POLARIMÉTRIE. — *Dispersion rotatoire naturelle, dans l'étendue du spectre ultraviolet, de quatre solutions aqueuses d'acide tartrique.* Note de M. R. **Descamps**, présentée par M. A. Cotton.

La dispersion rotatoire anomale de l'acide tartrique dans l'étendue du spectre visible a fait l'objet de nombreux travaux. En réalité, dans ce domaine spectral, les pouvoirs rotatoires spécifiques $[\alpha]$ de cet acide sont très petits par rapport à d'autres que l'on observe dans l'étendue du spectre ultraviolet. Dans l'intervalle des concentrations de 5 à 55 pour 100, les

(1) *Annalen der Physik*, 4e série, 82, 1927, p. 87.

(2) Un Mémoire plus étendu paraîtra dans un autre Recueil.

inflexions et les maxima des courbes de dispersion rotatoire de cet acide sont situés dans le spectre visible; les changements du signe des rotations se trouvent dans l'ultraviolet, sauf pour les solutions saturées ou sursaturées.

Afin de voir comment les courbes de dispersion rotatoire de l'acide tartrique se prolongent aussi loin que possible dans l'ultraviolet, il n'était pas sans intérêt de joindre d'autres expériences à celle de P. G. Nutting (1) (sol. aq. 28,62 pour 100, jusqu'à $\lambda = 2810$) et à celles de G. Bruhat et M. Pauthenier (2) (sol. aq. 1 et 0,25 pour 100, jusqu'à $\lambda = 3132$). C'est pourquoi j'ai réalisé la dispersion de quatre solutions aqueuses de l'acide au moyen d'un spectropolarimètre photographique spécial (3), (4). Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-contre. L'acide qui a servi a été purifié par des cristallisations répétées dans l'eau.

On voit que ces solutions présentent des pouvoirs rotatoires spécifiques gauches considérables (par exemple pour $\lambda = 2652$ et $\lambda = 2536$) qui croissent avec la concentration. Les courbes de dispersion rotatoire correspondantes, tracées suivant les coordonnées $[\alpha]$, λ^2, forment un faisceau assez étroit qui, après le changement du signe, se resserre encore à mesure que la longueur d'onde décroît; de plus, les portions des courbes des solutions nos 1 et 3 comprises entre $\lambda = 2652$ et $\lambda = 2536$ sont à peu près parallèles à l'axe des pouvoirs rotatoires spécifiques.

La constance des rapports de Darmois (5) caractéristiques des courbes de dispersion rotatoire des mélanges de deux corps s'observe avec ces solutions, dans les limites des erreurs d'expérience possibles qui sont mentionnées dans le tableau. Si l'on compare par exemple, en calculant les différences, les résultats obtenus avec les solutions nos 1, 2 et 3 à ceux de la solution no 4, ils donnent respectivement les quotients 10,58, 10,68, 10,02 pour $\lambda = 5461$ et 2652; 7,14, 8,03, 7,52 pour $\lambda = 5461$ et 2804; 2,66, 2,67, 2,87 pour $\lambda = 5461$ et 3650; 2,11, 2,22, 1,91 pour $\lambda = 3650$ et 2967 et enfin 1,74, 1,75, 1,74 pour $\lambda = 5461$ et 4358.

D'après L. Longchambon (6) les solutions d'acide tartrique contiennent deux constituants : l'un, lévogyre, est identique à l'acide tel qu'il existe

(1) *Physical Review*, 17, 1903, p. 1.
(2) *Journal de Physique*, 6e série, 8, 1927, p. 153.
(3) A. Cotton et R. Descamps, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 22.
(4) R. Descamps, *Revue d'Optique théorique et instrum.*, 5, 1926, p. 481-501.
(5) E. Darmois, *Annales de Chimie et de Physique*, 22, 1911, p. 247.
(6) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 951.

Poids d'acide tartrique contenu dans 100^{cm^3} *de solution aqueuse à la température de* $23^{\circ} \pm 0^{\circ},1$.

	λ.	1,1009 gr. (n° 1). α.	ép.	$[\alpha]^{23^{\circ},0}$.	e (*).	9,9030 gr. (n° 2). α.	ép.	$[\alpha]^{23^{\circ},0}$.	e.
Détermin. visuelles.	5780	0°,94	ép. : 5,271 dm.	16°,20		7°,34	ép. : 5,271 dm.	14°,06	
	5461	1,01		17,41		7,91		15,15	
	4358	1,20		20,68		8,76		16,78	
Déterminations photographiques.	4047	0,22	ép. : 1,0175 dm.	19,64	1°,81	0,78	ép. : 0,5541 dm.	14,21	0°,40
	3650								
	3654	0,10		8,93	1,79	0,16		2,91	0,40
	3342	—0,08		— 7,14	1,97	— 1,12		— 20,41	0,44
	3132								
	3131	—0,51		— 45,53	1,84	— 3,29		— 59,96	0,47
	3126					— 3,31		— 60,32	0,47
	3022	—0,93		— 83,92	1,90	— 5,19		— 94,58	0,48
	2967	—1,19		—106,23	1,94	— 6,45		—117,57	0,49
	2926								
	2894					— 8,71		—158,91	0,51
	2804	—2,49		—222,29	2,28	—12,83		—233,82	0,53
	2652	—4,97		—443,70	2,72	—25,64		—467,09	0,67
	2536	—9,59		—856,13	3,51				

	λ.	19,7966 gr. (n° 3). α.	ép.	$[\alpha]^{23^{\circ},0}$.	e.	49,5057 gr. (n° 4). α.	ép.	$[\alpha]^{23^{\circ},0}$.	e.
Détermin. visuelles.	5780	13°,39	ép. : 5,271 dm.	12°,83		11°,89	ép. : 2,336 dm.	9°,47	
	5461	14,36		13,76		12,45		9,92	
	4358	14,91		14,29		9,56		7,61	
Déterminations photographiques.	4047	1,22		11,12	0°,20	0,89		3,25	0°,10
	3650								
	3654	— 0,05	ép. : 0,5541 dm.	0,00	0,18	— 3,02	ép. : 0,5541 dm.	— 11,04	0,13
	3342	— 2,91		— 26,53	0,26	—11,13		— 40,71	0,32
	3132								
	3131	— 7,45		— 67,92	0,33	—23,33		— 85,33	0,57
	3126	— 7,58		— 69,10	0,33	—23,60		— 86,32	0,57
	3022	—11,23		—102,37	0,41	—10,14	ép. : 0,1669 dm.	—123,93	0,80
	2967	— 4,21	ép. : 0,1669 dm.	—127,42	0,90	—12,27		—148,49	0,96
	2926	— 4,79		—144,97	0,98				
	2894	— 5,60		—169,49	1,00				
	2804	— 8,16		—246,96	1,25	—22,79		—275,82	1,72
	2652	—15,99		—483,95	1,74	—43,21		—522,96	3,19
	2536	—30,66		—927,95	2,94				

(*) Les nombres contenus dans les colonnes *e* représentent les erreurs possibles sur les pouvoirs rotatoires spécifiques correspondants (y compris l'influence des erreurs possibles dans le calibrage des cuves et celle d'une variation de température de 0°,1, sauf pour la solution n° 2, pour laquelle cet effet de la température n'a pas été noté).

dans le cristal; l'autre, dextrogyre, se forme aux dépens du premier par élévation de la température ou par dilution des solutions. Les très fortes rotations gauches présentées par la solution n° 1 montrent, comme les expériences de Longchambon [1] et celles de Bruhat et Pauthenier (*loc. cit.*) que le constituant lévogyre doit encore exister aux très grandes dilutions.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur une disposition de cage de Faraday pour radiotélégraphie.* Note de MM. **Beauvais** et **Mesny**, présentée par M. G. Ferrié.

L'emploi des cages de Faraday est bien connu en radiotélégraphie pour empêcher les ondes électromagnétiques d'actionner un récepteur, soit que l'on mette l'émetteur dans la cage, soit qu'on y mette le récepteur. C'est ainsi que lorsqu'on a à effectuer des mesures de champs électromagnétiques, on enferme une hétérodyne dans une cage de Faraday, formée d'un coffre métallique, duquel on ne laisse sortir, au moyen de dispositifs convenables (bobines sinusoïdales, par exemple), que la quantité de haute fréquence que l'on désire.

Malheureusement en pratique il est difficile et souvent impossible d'empêcher l'hétérodyne de venir influencer les appareils de réception, étant donnée la sensibilité considérable des amplificateurs employés. L'émission de l'hétérodyne s'échappe au dehors par le joint de la porte qui ferme la cage, malgré les précautions que l'on prend d'avoir une porte fermant bien, et de la serrer contre la cage au moyen de vis de pression.

Pour obvier à cet inconvénient, on est amené, soit à éloigner de quelques mètres la cage des appareils, soit à mettre plusieurs cages l'une dans l'autre, ce qui augmente toujours la difficulté des manipulations.

Ceci est dû au fait que, malgré les précautions précédentes, le métal de la porte et le métal de la cage présentent entre eux une certaine résistance de contact, suffisante pour modifier le libre passage des courants induits de haute fréquence qui circulent dans les parois. Il en résulte que la distribution dans ces parois des courants et des potentiels qui devraient contrebalancer les champs électromagnétiques émis par l'hétérodyne se trouvent perturbés, et que, par suite, la compensation n'a pas lieu.

---

[1] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 958.

On obvie à ces inconvénients en constituant la cage par un coffre formé de plaques de métal soigneusement soudées, et dont le couvercle horizontal s'emboîte dans une rainure ménagée à la partie supérieure de la boîte. Si les parois de cette rainure et le couvercle horizontal sont constitués par un métal amalgamé et si l'on remplit la rainure de mercure, le simple fait d'y placer le couvercle constitue entre ce dernier et la cage une véritable soudure.

Dans ces conditions, une hétérodyne enfermée dans la cage n'influence plus aucunement un appareil de réception placé à l'extérieur.

Il est alors facile en prenant les précautions habituelles (fil sous plomb, etc.) de faire sortir de la cage les fils allant aux appareils de mesure, sans que ceux-ci ne reçoivent d'autres courants que ceux que l'on désire y envoyer, et les appareils peuvent être placés sur la cage elle-même.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la radioactivité de la matière exposée pendant longtemps au rayonnement solaire.* Note de M[lle] **St. Maracineanu**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans une Note du 30 mai dernier [1], j'ai exposé les premiers résultats des recherches entreprises à l'Observatoire de Paris sur la radioactivité du plomb d'une toiture. L'électromètre (du type Szilard) avait été placé sur la toiture elle-même qui est horizontale, et qui a montré une radioactivité notable. Sur le conseil de M. Deslandres, j'ai fait les vérifications suivantes et j'ai étendu ensuite la recherche à d'autres métaux.

On aurait pu objecter que le plomb de la première expérience pouvait à la rigueur être radioactif à l'origine. Pour éclaircir ce point, une plaque de ce plomb, épais de 2^{mm}, a été découpée dans la toiture et portée dans le laboratoire. Or, sur la face non exposée à la lumière, la radioactivité a été trouvée nulle; sur la face opposée, elle a donné le premier jour la valeur obtenue précédemment et les jours suivants une valeur décroissante. Cette plaque de plomb est conservée dans l'obscurité pour que l'on puisse étudier dans de bonnes conditions ses variations radioactives avec le temps.

On pouvait aussi objecter que la radioactivité constatée était due aux dépôts radioactifs des émanations contenues dans l'atmosphère [2]. L'élec-

---

[1] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1321.

[2] La radioactivité observée était d'ailleurs trop forte pour être attribuée entièrement aux dépôts atmosphériques.

tromètre a été porté sur une pierre calcaire horizontale, placée à la hauteur de la toiture de plomb et tout à côté; la pierre n'a montré aucune radioactivité ([1]).

Enfin on a découpé deux plaques similaires dans la longue bande de plomb, qui recouvre la corniche du bâtiment principal et qui en fait le tour. Une plaque a été prélevée sur la face sud exposée au Soleil et une autre sur la face nord qui est éclairée seulement par la lumière diffuse du ciel ([2]). La plaque sud a montré la radioactivité du plomb de la première toiture et la plaque nord une activité moindre (voir le tableau).

Cependant l'Observatoire a d'autres toitures métalliques : une toiture en zinc et une toiture en cuivre, qui sont exposées au Soleil.

Une bande semblable aux précédentes a été découpée dans ces toitures, et, pour les deux métaux, la face exposée au Soleil a montré une radioactivité nette, quoique inférieure à celle du plomb. Avec le zinc la face non exposée a été trouvée aussi active mais légèrement; et, avec ce métal, le rayonnement émis est plus pénétrant que pour les autres.

J'ai étudié aussi des plaques de pierre calcaire, poreuse et non poreuse, de fer et de fonte, placées dans le voisinage et exposées longtemps au Soleil. Avec ces derniers corps la radioactivité a été nulle ([3]).

Je me propose de suivre les variations de ces plaques radioactives avec le temps et aussi d'examiner au même point de vue les autres métaux. Il convient aussi de déterminer la durée d'exposition au Soleil, qui est nécessaire pour avoir la radioactivité constatée : cette durée est probablement variable avec l'état du Soleil qui serait actif seulement par intermittences.

([1]) Dans le cas de la pierre, une bonne mise au sol a été assurée en la couvrant d'une grille en cuivre à très larges mailles.

([2]) La radioactivité des deux plaques a été mesurée sur la corniche même avant le découpage et après dans le laboratoire. Le mouvement propre de l'appareil a été trouvé beaucoup moindre du côté Nord, ce qui semble indiquer que l'ionisation de l'air est plus forte au Sud.

([3]) Si l'on se reporte au tableau ci-contre, le fer pourrait manifester une certaine radioactivité, mais très faible.

Nombre de secondes nécessaires à la décharge indiquée par le parcours de l'aiguille devant 5 divisions micrométriques de l'échelle.

(Ces mesures ont été faites à l'aide de l'électromètre sensible Szilard.)

Plomb Nord, mesures faites sur la corniche.

Pb.	*Appareil mouvement propre.*
90^sec	
73	285^sec
90	300
70	275
75	300
90	
80	

Plomb Sud mesuré sur la corniche immédiatement après celui du Nord.

Pb.	*Mouvem. propre de l'appareil.*
49^sec	180^sec
39	180
39	180
45	160
39	
44	

Mêmes Pb *portés dans l'appartement.*

Pb N.	*Appareil.*	Pb S.	*Appareil.*
70^sec	195^sec	47^sec	195^sec
62	205	56	205
69	200	47	200
66		49	
		44	
		Gratté.	
		108^sec	
		100	
		77	
		90	
		77	

Pb *côté envers :* aucune activité les premiers jours; après, il s'active et arrive à 200 secondes comme l'appareil.

Cuivre Sud mesuré dans l'appartement.

Cu.	*Appareil.*
64^sec	195^sec
60	200
51	200
74	
Zn (Sud) mesuré dans l'appartement *sans écran.*	*Appareil.*
95^sec	190^sec
85	187
95	190
80	190
écran $\frac{1}{10}$ Al.	
145^sec	
160	
155	
Fe toit Sud.	*Appareil.*
150^sec	185^sec
180	150
150	150
Porté dans l'appartement	
146^sec	170
151	200
160	200

La pierre ne donne aucune activité.

Remarques sur la Communication précédente, par M. **H. Deslandres.**

Les recherches de Mlle Maracineanu sur les toitures anciennes de l'Observatoire de Paris offrent un intérêt de plus en plus grand. Le plomb n'est pas le seul métal qui acquière, sous l'influence des rayons solaires, une radioactivité spéciale, limitée, semble-t-il, à la surface touchée et aux couches immédiatement voisines. Le zinc et le cuivre ont la même pro-

priété (¹); et de nouvelles recherches seront évidemment nécessaires pour reconnaître la nature exacte et toutes les particularités du phénomène.

D'autres faits similaires déjà publiés ont été attribués à la diffusion de corps radioactifs connus dans le métal; il nous a semblé que les faits actuellement acquis s'expliquaient beaucoup mieux par une action spéciale de la lumière.

Les corps radioactifs, comme on sait, ont été trouvés insensibles à toutes les actions que nous pouvons mettre en œuvre sur la Terre, par exemple aux variations de pression et de température. Mais le rayonnement solaire émane d'un corps qui est soumis à des pressions et à des températures beaucoup plus hautes, surtout si les couches profondes de l'astre interviennent. Il apporte avec lui quelque chose de plus, et, en ce qui concerne les modifications radioactives, il peut réussir là où nos moyens terrestres sont en défaut.

De plus, si l'on considère la radioactivité du plomb de la corniche nord, qui est éclairée presque exclusivement par la lumière diffuse du ciel, on est conduit à mettre aussi en cause le rayonnement ultra X très pénétrant qui a été reconnu par Kohlhörster, puis par Millikan, et qui, d'après le premier de ces auteurs, aurait une origine cosmique et émanerait de la Voie lactée et des nébuleuses.

Je suis particulièrement intéressé par ces recherches, ayant admis depuis 1896 dans plusieurs Notes successives l'émission de rayons corpusculaires et de rayons X par le Soleil, les étoiles et les nébuleuses (²). On connaît aussi les idées longuement développées en 1919 par Perrin, qui estime pouvoir attribuer les réactions chimiques et les phénomènes radioactifs aux seules actions de la lumière et de rayons X très pénétrants.

(¹) Le fait constaté peut être considéré comme un phénomène photo-électrique, qui persiste après que la cause initiale a cessé d'agir.

D'autre part, ces recherches, qui font assister à la naissance de propriétés radioactives, peuvent nous conduire à la reconnaissance des causes premières de la radioactivité.

(²) J'ai résumé mes idées sur ce point dans une Note des *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 506, intitulée : *Émission des rayons X, ultra X et corpusculaires par les corps célestes.* Voir aussi *Nature*, Londres, 60, p. 622.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la charge de rayons α émis par seconde par un gramme de radium.* Note [1] de M. **H. Jedrzejowski**, présentée par M. Jean Perrin.

Le nombre de particules α émises par seconde par 1^g de radium intervient dans de très nombreuses questions de la radioactivité. La connaissance exacte de ce nombre permet, par exemple, de calculer l'énergie dégagée par 1^g de radium sous la forme d'énergie cinétique des particules α, la quantité d'hélium libéré au cours de la destruction radioactive, etc.

Les diverses expériences faites sur ce sujet laissent subsister sur ce nombre une incertitude de plusieurs pour 100. Sur la demande de Mme Curie, nous avons repris la détermination de la charge totale des particules α émises par 1^g de radium. En prenant $e = 4{,}774 \cdot 10^{-10}$ u. e.s., on peut, de la charge totale, déduire le nombre N des particules α.

La méthode employée est, dans ses lignes générales, celle de Rutherford et Geiger [2]. La description détaillée de l'appareil et de la marche des expériences paraîtra prochainement. Nous nous bornerons ici aux principes généraux.

Les particules α émises par une source composée de dépôt actif du radium et fixée dans une position très bien déterminée passent par un diaphragme et tombent sur une électrode reliée à un électromètre. La méthode du quartz piézoélectrique permet de mesurer la charge reçue par l'électrode. Afin d'éviter les courants d'ionisation, tout était placé dans un récipient métallique parfaitement vidé au moyen d'une pompe hélicoïdale de Holweck. Les vapeurs restantes étaient condensées dans l'air liquide.

Les rayons β et les rayons δ étaient déviés par un champ magnétique. Un dispositif spécial permettait d'arrêter les rayons α pendant l'expérience par un écran d'aluminium mince. On évaluait ainsi une correction résultant de l'action du reste des rayons β pénétrants, non déviés par le champ magnétique, de l'effet photo-électrique des rayons γ sur l'électrode, ainsi que l'existence de faibles forces électromotrices possibles, de contact ou de polarisation des isolants.

---

(1) Séance du 13 juin 1927.

(2) E. Rutherford et Geiger, *Proc. Roy. Soc.*, 81, 1908, p. 162; *Phys. Zeits.*, 10, 1909, p. 42.

La source a été préparée par la méthode de solution décrite par nous [1] précédemment. Afin d'éviter la contamination de l'appareil par le recul radioactif, la source était recouverte par un mince écran d'aluminium ($0^{mm},003$).

Cinquante minutes, à peu près, après la fin de l'activation, quand tout le radium A a pratiquement disparu, on commence les mesures de la charge, qui durent 1 à 2 heures. On fait les mesures en établissant un champ électrique de sens variable, entre le diaphragme et l'électrode, et aussi sans champ. Quand le vide est bon, ces trois genres de points se rangent sur une même courbe qui représente, en fonction du temps, la variation de la charge émise par la source. En même temps, on trace la courbe de correction et celle de décroissance d'activité mesurée par les rayons γ pénétrants. Cette dernière mesure est faite, dans certaines expériences, au moyen d'une chambre d'ionisation reliée à l'électromètre, dans d'autres au moyen d'un électroscope protégé par une couche de 15^{mm} de plomb.

Soient I_α la charge (corrigée) en grammes par seconde, émise par la source dans un temps donné, et I_γ l'intensité des rayons γ pénétrants, exprimée en grammes par seconde ou en divisions par seconde. Le rapport $\frac{I_\alpha}{I_\gamma} = r$ doit rester constant le long des courbes. En mettant à la place de la source un étalon de radium, on peut déterminer, par la mesure des rayons γ pénétrants, le nombre de milligrammes de radium correspondant à un courant de 1 gr/sec ou 1 div/sec; désignons ce nombre par p. La charge L des particules α émises par 1^g de radium par seconde sera

$$L = \frac{r}{a}\frac{b}{p} \text{ u. e. s.},$$

où $a = 0,01465$ est une constante caractérisant l'angle solide du faisceau utilisé et b la charge en u. e. s. qui donne la lame de quartz sous l'action d'un poids de 1^{kg}, r est la moyenne des rapports pris le long des courbes tracées pendant chaque expérience. La moyenne des 13 expériences définitives donne pour la charge émise par 1^g de radium par seconde :

$$L = 33,4 \text{ u. e. s.}$$

qui correspond au nombre de particules α

$$N = 3,50 \times 10^{10}.$$

---

(1) H. Jedrzejowski, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1536.

Ce nombre est en parfait accord avec les résultats récents de numération directe obtenus par H. Geiger et A. Werner [1]. M. Thibaud [2] et L. Meitner [3] ont calculé récemment la chaleur dégagée par 1^g de radium en partant d'un nombre approché du nôtre et ont trouvé un bon accord avec l'expérience. Notre nombre reste notablement inférieur à celui trouvé par Hess et Lawson [4] qui ont donné $N = 3,72 . 10^{10}$.

La constante b du quartz a été déterminée au moyen du condensateur étalon du Laboratoire Curie dont la capacité est connue à une précision de 1 pour 100. Prochainement, on comparera sa capacité à celle d'un condensateur étalon nouveau.

PHOTOCHIMIE. — *Sur la photolyse de l'acide cyanhydrique par les radiations totales de l'arc au mercure et les radiations filtrées.* Note de MM. **A. Andant** et **E. Rousseau**, présentée par M. Guignard.

Nous avons repris les recherches commencées par l'un de nous [5] sur la photolyse de l'acide cyanhydrique, en resserrant le domaine des radiations ultraviolettes utilisées pour l'irradiation. Des déterminations spectrographiques d'absorption de l'huile d'olive dans l'ultraviolet, faites à propos de l'étude de la fluorescence de ces huiles [6], ont montré que l'huile d'olive pure transmet la radiation 3650 du mercure sans l'affaiblir. Elle n'absorbe, de façon sensible, les radiations ultraviolettes qu'à partir de 3000 Å.

Nous avons employé notre dispositif expérimental antérieur en irradiant, dans certains cas, la solution d'eau de laurier-cerise à travers un verre à l'oxyde de nickel, transparent pour les radiations 3650 et 3341, cette dernière étant extrêmement affaiblie. La couche d'huile d'olive ne sert qu'à isoler la solution du contact de l'air que ces radiations ionisent, et qui devient photochimiquement actif.

Nous avons opéré avec une eau de laurier-cerise pure (titre 103,68), et

---

(1) H. Geiger et A. Werner, *Tätigkeitsber. d. Phys. Tech. Reichsanstalt*, 1924, p. 47.

(2) J. Thibaud, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1166.

(3) L. Meitner, *Die Naturwissenchaften*, 12, 1924, p. 1146.

(4) V.-F. Hess et R.-W. Lawson, *Wien. Ber.*, 127, 1918, p. 405 et 461.

(5) E. Rousseau, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 683.

(6) A. Andant, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1068.

une eau de laurier-cerise contenant du chlorure manganeux pur et sec, à dose $\frac{N}{100} = 0,126$ pour 100.

Les liquides, au cours de leur irradiation, furent refroidis par un courant d'eau (+15°). D'autre part, nous avons réservé 25cm³ d'eau, sur les 75cm³ prévus dans le procédé de Denigès, pour laver le précipité (MnO^2) apparu dans les liqueurs, qu'on a séparé de celles-ci, complétées à 110cm³.

Voici les résultats des dosages :

A. *Eau de laurier-cerise* + $MnCl^2$ *irradiée sous huile.* (Radiations jusqu'à 3132.)

	HCN restant.	Pertes %.
E. l.-cerise..	103,68	–
Témoin.....	97,20	6,2
1 heure.....	86,40	11,1
2 heures....	79,92	17,7
4 heures.....	73,44	24,4
6 heures.....	75,60	22,2

B. *Eau de laurier-cerise* + $MnCl^2$ *irradiée sous huile et écran.* (Radiation 3650.)

	HCN restant.	Pertes %.
E. l.-cerise...	103,68	–
Témoin......	97,20	6,2
1 heure......	90,72	6,6
2 heures.....	84,24	13,3
4 heures.....	79,82	17,7
6 heures.....	82,08	15,6

C. *Eau de laurier-cerise irradiée sous huile.*

Témoin.....	97,20	–
1 heure.....	90,72	6,6
2 heures....	88,56	8,8
4 heures....	82,08	15,5
6 heures....	71,28	26,6

D. *Eau de laurier-cerise irradiée sous huile et écran.*

Témoin......	97,20	–
1 heure......	92,88	4,4
2 heures.....	88,56	8,8
4 heures.....	86,40	11,1
6 heures.....	77,76	20

Les pertes ont été établies par rapport au témoin, et le titre de l'eau de laurier-cerise (C et D), avant son irradiation, a été abaissé à 97,20 pour déterminer la part de résonance qui revient au sel ($MnCl^2$).

Ces différences sont groupées, par radiations, dans les tableaux suivants :

Différences photolytiques.	Part du résonateur.	Part des radiations.
Radiations totales jusqu'à 3132 (A *et* C).		
1h : 11,1 — 6,6 = ...	4,5 %	6,6 %
2h : 17,7 — 8,8 = ...	8,9	8,8
4h : 24,4 — 15,5 = ...	8,9	15,5
Radiation 3650 (B *et* D).		
1h : 6,2 — 4,4 = ...	1,8 %	4,4 %
2h : 13,3 — 8,8 = ...	4,5	8,8
4h : 17,7 — 11,1 = ...	6,6	11,1

Dans ces tableaux ne figurent pas les effets photochimiques apparus après la quatrième heure d'irradiation dans les liquides A et B. La photolyse, à ce seuil, a cessé et le phénomène de photocatalyse semble lui succéder. Ce fait expérimental est analogue à ce qui se produit avec H^2O^2 (D. Berthelot), $HgCl^2$ (J. Pougnet) et l'eau formolée (E. Rousseau) quand on irradie ces substances avec les rayons ultraviolets.

Ces résultats montrent que la radiation 3650 du mercure, agissant pour la plus grande partie seule, produit, toutes conditions étant les mêmes, des actions photolytiques du même ordre de grandeur que celle que produit la totalité des radiations du mercure jusqu'à 3130 Å. Si nous remarquons, en outre, que le verre de Wood a, vis-à-vis de la raie 3650, une absorption propre d'environ 60 pour 100 (mesurée par la pile thermo-électrique) cette considération fait apparaître une différence encore plus grande entre l'action des radiations infrarouges et la radiation 3650 pure, et celle de toutes les radiations (infrarouges, visibles, ultraviolettes jusqu'à 3130).

Il semble donc que la photolyse, par les radiations ultraviolettes, est gênée par la présence des radiations de plus grandes longueurs d'onde. Ce phénomène *d'antagonisme* des radiations, signalé pour la première fois, par Ed. Becquerel en 1872, a été étudié au point de vue biologique par M. Pech [1].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude sur le perchlorate de sodium.* Note [2] de MM. **Eugène Cornec** et **Joseph Dickely**, présentée par M. G. Urbain.

I. On a déterminé la solubilité du perchlorate de sodium, sel très soluble dans l'eau, à des températures comprises entre 0° et 100°. Les résultats sont en accord avec ceux de F. A. Freeth [3] et en désaccord avec ceux de Bilger Carlson [4].

Suivant la température le sel cristallise anhydre ou monohydraté. La température de transition est donnée par la brisure de la courbe de solubilité. On l'a déterminée directement par l'observation microscopique et par l'analyse thermique d'un mélange de sel hydraté avec un peu d'eau.

[1] L. Pech, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1247.

[2] Séance du 13 juin 1927.

[3] F. A. Freeth, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, 43, 1924, p. 477.

[4] Bilger Carlson, *Klason Festskrift*, d'après *Tables annuelles*, 1, 1910, p. 379.

Cette dernière méthode, la plus simple et la plus précise, donne 52°,75 (Freeth avait indiqué 50°,8 pour température de transition).

La solubilité du perchlorate anhydre a été déterminée aussi au-dessous de la température de transition; il a été possible de faire des mesures correctes et de déterminer la densité jusqu'à 15°. A cette température la solution saturée de sel anhydre est fortement sursaturée par rapport au sel hydraté; lorsque la sursaturation cesse, 100^g de solution donnent 28^g de cristaux.

Solubilité du perchlorate hydraté en grammes de sel anhydre pour 100^g d'eau.

0°.	15°.	25°.	38°.	50°.
169	191	211	238	274

Solubilité du perchlorate anhydre en grammes de sel anhydre pour 100^g d'eau.

	15°.	25°.	38°.	55°.	75°.	100°.
	256	260	268	284	300	330
$d=$	1,758	1,757	1,757	1,756	1,757	1,758

Il est curieux que la densité de la solution saturée de sel anhydre soit presque indépendante de la température. Le refroidissement seul tend à produire une contraction, d'où une augmentation de densité; la cristallisation entraîne au contraire une diminution de la densité. Les deux phénomènes se produisent en même temps et se compensent presque parfaitement.

II. En ajoutant progressivement un sel à un mélange de perchlorate de sodium et d'eau, on constate que la température de transition s'abaisse d'abord d'une manière progressive, puis qu'elle reste constante. La constance est obtenue dès l'apparition d'une nouvelle (troisième) phase solide dans le système en expérience. En ajoutant ensuite un second sel on observe que la température de transition s'abaisse encore, puis qu'elle se fixe de nouveau dès l'apparition d'une quatrième phase solide. En absence de combinaison on retrouve le même abaissement total lorsque l'on intervertit l'ordre d'addition des deux sels.

En ajoutant, dans tous les ordres possibles, un, deux ou trois des sels suivants : nitrate de sodium, chlorure de sodium, perchlorate de potassium, on a observé sept points de transition. Le plus bas (abaissement total 8°,75), qui peut être atteint de six manières différentes, correspond à l'équilibre d'une solution avec cinq phases solides : ClO^4Na, ClO^4NaH^2O, ClO^4K, NO^3Na, $ClNa$.

Le choix des sels ajoutés a été motivé par l'existence simultanée de : nitrate, chlorure, perchlorate de sodium et de potassium dans certains minerais chiliens.

III. Les équilibres entre l'eau, le perchlorate de sodium et le chlorure de sodium, ont été étudiés de 0° à 100°. La surface de cristallisation comprend trois nappes, correspondant respectivement à ClO^4Na, ClO^4NaH^2O, ClNa.

Les compositions des solutions saturées de chlorure et de perchlorate sont les suivantes (en grammes de sels anhydres pour 100g d'eau) :

t.	0°.	25°.	38°.	50°.	55°.	75°.	100°.
ClO^4Na (gr.).......	158	208	235	271.5	278.5	297	325
ClNa (gr.)..........	6,7	4,3	3,6	3,0	3,0	3,3	3,9

Le chlorure est toujours peu soluble en présence de perchlorate solide et sa solubilité est minima à 52°,5 (point de transition). Le refroidissement d'une solution saturée des deux sels fournit, au-dessus de la température de transition, un mélange de perchlorate anhydre et de chlorure en petite quantité. Au-dessous de la température de transition, le diagramme d'équilibre montre que l'on obtient, au contraire, du perchlorate hydraté pur et que la solution cesse d'être saturée en chlorure. On en déduit aisément le plus simple des cycles de séparation des deux sels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Perméabilité du fer et du platine à l'hydrogène.* Note [1] de M. **Victor Lombard**, présentée par M. J. Perrin.

Ayant poursuivi nos recherches sur la perméabilité des métaux aux gaz, nous exposons ci-dessous les résultats obtenus avec un disque de fer électrolytique de $0^{mm},162$ d'épaisseur et un disque de platine de $0^{mm},154$. Les mesures ont été faites suivant le mode opératoire précédemment exposé [2], la température des disques étant bien uniforme sur toute leur surface.

Les disques étudiés ont été choisis parmi les plus réguliers provenant d'une même planche de chaque métal, laminée sans recuit à l'épaisseur voulue.

Avec les deux disques nous avons étudié l'influence de la température sur le phénomène qui nous occupe; tandis que nous n'avons étudié l'in-

---

(1) Séance du 9 mai 1927.
(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 463.

fluence de la pression qu'avec le disque de fer, Richardson, Nicol et Parnell [1] ayant montré autrefois, avec un tube de platine, que la diffusion de l'hydrogène à travers ce métal est proportionnelle à la racine carrée de la pression.

Ci-dessous le résumé de nos mesures.

A. *Influence de la pression sur la perméabilité du fer à l'hydrogène* (épaisseur de la lame : $0^{mm},162$; température : 517° C.) :

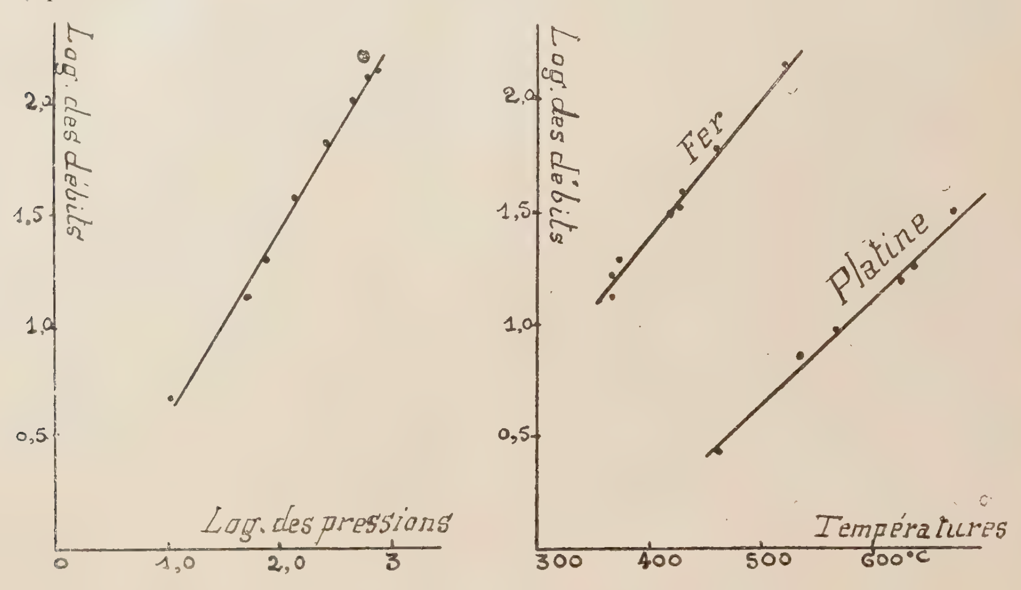


Fig. 1. — Perméabilité du fer à l'hydrogène. Influence de la pression. Épaisseur : $0^{mm},162$; température : 517° C.

Fig. 2. — Perméabilité du fer et du platine à l'hydrogène. Influence de la température. Épaisseurs des lames : fer, $0^{mm},162$; platine, $0^{mm},154$. Pression de passage : 760^{mm} de Hg.

La représentation graphique du logarithme du débit en fonction du logarithme de la pression, déduite de nos mesures, est une droite (*fig.* 1).

Par conséquent la perméabilité du fer à l'hydrogène comme celle du platine [2] et du nickel [3] est proportionnelle à la racine carrée de la pression (au moins pour des pressions inférieures à 760^{mm} de Hg), $d = K\sqrt{P}$.

B. *Influence de la température* (*fig.* 2) :

Notre régulateur de pression n'ayant pas fonctionné à souhait pendant la durée de nos déterminations qui ont été échelonnées au cours de périodes relativement longues

---

(1) *Phil. Mag.*, 6e série, 8, 1904, p. 1.

(2) Richardson, *loc. cit.*

(3) Lombard, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 116.

(plus de 15 jours pour le fer et de 10 jours pour le platine), la plupart de nos mesures ont été faites à des pressions s'écartant quelque peu de celle de 760^{mm} de Hg que nous nous étions fixée au début. Mais la perméabilité étant, comme on l'a vu, proportionnelle à la racine carrée de la pression, nous avons pu ramener, par le calcul, nos mesures à la pression ci-dessus.

Les points représentatifs du logarithme du débit en fonction de la température, déduits des données ci-dessus, se répartissent sensiblement sur des droites (*fig.* 2).

On peut en conclure que la perméabilité du fer et du platine à l'hydrogène est, comme celle du nickel [1], de la forme $d = a^t$ (a, constante; t, température).

La figure 2 montre que la perméabilité du fer à l'hydrogène est bien plus grande que celle du platine. Nos recherches sur le nickel, dont nous compléterons prochainement la publication, nous ont montré que la perméabilité de ce métal à l'hydrogène est très voisine de celle du fer.

Nous signalons que les valeurs trouvées par Richardson et ses collaborateurs dans leurs recherches sur la diffusion de l'hydrogène à travers le platine sont du même ordre de grandeur que les nôtres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le passage de la triméthylarsine à l'acide cacodylique.* Note de MM. **Amand Valeur** et **Paul Gailliot**, présentée par M. Charles Moureu.

Ayant établi la présence de la triméthylarsine dans la liqueur fumante de Cadet, nous nous sommes proposé d'utiliser cette arsine, pour la préparation de l'acide cacodylique, en passant par le chlorure de cacodyle.

Nous avons d'abord tenté d'effectuer cette rétrogradation, suivant la méthode qui permet de passer de la triphénylarsine au chlorure de diphénylarsine et au dichlorure de monophénylarsine, par l'action du chlorure d'arsenic. Dans ce but, nous avons fait réagir sur la triméthylarsine, le trichlorure d'arsenic, d'une part, et la dichlorométhylarsine, d'autre part. Au lieu des deux réactions attendues :

$$2(CH^3)^3As + AsCl^3 = 3(CH^3)^2AsCl$$
$$(CH^3)^3As + CH^3AsCl^2 = 2(CH^3)^2AsCl,$$

nous avons constaté que ces deux chlorures s'unissent à la triméthylarsine,

---

(1) Lombard, *loc. cit.*

en solution dans le benzène sec, pour donner des composés d'addition, répondant aux formules $(CH^3)^3As.AsCl^3$ et $(CH^3)^3As.CH^3AsCl^2$.

Ces combinaisons sont cristallisées en aiguilles réfringentes, solubles dans l'alcool, l'éther et le benzène, en donnant des solutions qui perdent de la triméthylarsine, par l'action de la chaleur. Chauffés au contact de l'air, ces cristaux se décomposent, avec inflammation spontanée, en même temps que se produit une odeur d'ail et que se forme un dépôt brun sur la paroi intérieure du tube. En opérant dans l'anhydrique carbonique, on peut les sublimer vers 100°, sans qu'il se produise de fusion.

Leur volatilité, à la température ordinaire, est déjà très appréciable. Si l'on chauffe ces composés sous pression, dans CO^2, à 200°, pendant 10 heures, on les décompose, avec formation de chlorure de tétraméthylarsonium, d'arsenic et de trichlorure d'arsenic.

Cette propriété que possède la triméthylarsine de former des composés d'addition avec les chlorures arsenicaux, paraît assez générale. Nous avons constaté, en effet, que cette arsine s'unit, dans les mêmes conditions, au chlorure de cacodyle et à la dichlorophénylarsine.

A. Baeyer [1] a montré que le perchlorure de cacodyle $(CH^3)^2AsCl^3$ se décompose déjà, à 40-50°, en CH^3Cl et CH^3AsCl^2. En faisant agir le chlore à — 10°, sur une solution de CH^3AsCl^2 dans CS^2, le même auteur a constaté la formation de cristaux, se décomposant déjà, à cette température, en CH^3Cl et $AsCl^3$, et qu'il supposa être le tétrachlorure CH^3AsCl^4. A. Baeyer en inféra que la même réaction devait s'appliquer à la triméthylarsine, et qu'il devait être possible de dégrader le chlorure de tétraméthylarsonium, par la série des réactions

$$\begin{aligned}
As(CH^3)^4Cl &\rightarrow As(CH^3)^3 + CH^3Cl,\\
As(CH^3)^3Cl^2 &\rightarrow As(CH^3)^2Cl + CH^3Cl,\\
As(CH^3)^2Cl^3 &\rightarrow As(CH^3)Cl^2 + CH^3Cl,\\
As(CH^3)Cl^4 &\rightarrow AsCl^3 + CH^3Cl.
\end{aligned}$$

Toutes ces réactions ont été effectuées à l'exception de la deuxième. Nous avons pu réaliser celle-ci sans difficulté. Nous avons préparé le dichlorure de triméthylarsine $(CH^3)^3AsCl^2$, en faisant arriver un courant lent de chlore à la surface d'une solution de l'arsine dans le benzène sec. Il se dépose un composé cristallisé en aiguilles très peu solubles dans le benzène, et répondant à la composition attendue. Chauffé au bain d'huile, vers 180°,

---

[1] A. Baeyer, *Ann. Chem. und Pharm.*, 107, 1858, p. 269.

ce produit se dédouble en CH^3Cl et chlorure de cacodyle. On peut obtenir ce dernier, avec un rendement d'environ 90 pour 100. Le chlorure de cacodyle est ensuite directement et quantitativement oxydé, par H^2O^2, en acide cacodylique. Le passage de la triméthylarsine à l'acide cacodylique s'effectue ainsi, avec un rendement pratique de 83 à 85 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une évolution inattendue des dibromures de diisocrotyle*. Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Ch. Moureu.

J'ai exposé [1] comment, du produit de réaction de deux atomes de brome sur une molécule de diisocrotyle en solution chlorocarbonique, on peut isoler les deux dibromures desmotropes :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \rangle CBr - CHBr - CH = C \langle \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \quad (I)$$

et

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \rangle CBr - CH = CH - CBr \langle \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \quad (II).$$

Si on élimine le solvant à la pression ordinaire, on constate, après quelque temps d'ébullition, un départ abondant d'acide bromhydrique, et, lorsqu'il ne distille plus rien à 100°, il reste dans le ballon un liquide incristallisable.

Celui-ci a été distillé sous des pressions variant de 3 à 12^{mm}. Le point d'ébullition, d'abord incertain, car le liquide contient encore des quantités notables d'hydracide, se fixe peu à peu au cours des rectifications successives; les premières distillations entraînent une faible décomposition partielle qui s'atténue par la suite, et devient négligeable lorsque le corps est pur. Il bout alors à 64-66° sous $4^{mm},5$ et 85-86° sous 12^{mm}. Sa formule globale est $C^8H^{13}Br$.

Voici ses constantes à 18° :

$n_D^{18} = 1,5522$, $d_4^{18} = 1,2230$, R. M. $= 49,36$, R. M. théorique : $46,01$.

Pour établir la formule développée de ce bromure, j'ai fait appel à des considérations d'ordres divers.

a. L'une, qui n'est pas sans valeur, et qui a contribué à orienter mon choix, est son odeur; elle rappelle de très près celle du bromure du géranyle; les formules pouvaient présenter quelque parenté.

---

[1] Ch. Prévost, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1460.

b. Son point d'ébullition, qui, en admettant que le squelette du diisocrotyle soit conservé, exigeait la présence d'un brome primaire.

c. La réfraction moléculaire fortement exaltée; celle-ci indiquait que la molécule avait dû conserver le groupement érythrénique et que le brome était sous l'influence de l'une des doubles liaisons conjuguées.

d. L'action extrêmement facile de la potasse alcoolique diluée et froide, de l'acétate et de l'azotate d'argent à froid, éliminait une constitution bromoéthylénique et indiquait, au contraire, un brome fortement influencé.

La formule

$$\text{(III)} \qquad \begin{matrix} CH^2Br \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH = C\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$$

rend bien compte des propriétés observées.

On devait alors pouvoir passer de ce bromure à l'acétine et à l'alcool primaire correspondants. C'est ce que j'ai tenté.

L'action de l'acétate d'argent (ou de sodium) donne une acétine

$$C^8H^{13}OCOCH^3$$

(éb. 79° sous $3^{mm},5$, $n_D^{17} = 1,4890$, $d_4^{17} = 0,9597$, R.M. = 50,67, R.M. th. = 49,21).

Ici une exaltation de 1,45 très compatible avec la présence de deux doubles liaisons conjuguées.

Mais, même à froid, le passage à l'acétine n'est pas la réaction prépondérante : il se fait aussi un départ d'hydracide et des carbures condensés $(C^8H^{12})^n$, dont j'ai isolé un dimère, d'ailleurs impur (éb. 115° environ sous 4^{mm}).

De la saponification de l'acétine résulte l'alcool

$$C^8H^{13}OH$$

(éb. 77° sous 3^{mm}, $n_D^{17} = 1,5095$, $d_4^{17} = 0,9197$, R.M. = 40,94, R.M. th. = 39,65).

L'exaltation 1,3 est encore compatible avec une formule érythrénique.

J'ai essayé d'hydrogéner catalytiquement cet alcool en présence de platine, mais je n'ai guère isolé que des produits de condensation (qui préexistaient sans doute, car l'alcool s'altère rapidement). Toutefois, j'ai séparé quelques gouttes d'un liquide à fonction alcool saturé bouillant vers 180°; le 2.6-diméthylhexanol-1 bout à 180°.

En admettant, pour le bromure et ses dérivés, la formule (III) et celles qui en découlent, comment le bromure s'est-il fait à partir des desmo-

tropes (I) et (II)? Le mécanisme semble être celui-ci :

$$\text{(I)} \quad \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!CBr - CHBr - CH = C\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$$

$$\to HBr + \begin{matrix} CH^2 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C - CHBr - CH = C\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$$

$$\to \begin{matrix} CH^2Br \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH = C\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$$

et

$$\text{(II)} \quad \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!CBr - CH = CH - CBr\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$$

$$\to HBr + \begin{matrix} CH^2 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C - CH = CH - CBr\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$$

$$\to \begin{matrix} CH^2Br \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH = C\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}.$$

Ce mécanisme fait appel à un départ d'hydracide par union d'un hydrogène et d'un brome particulièrement mobiles, et à une transposition désormais classique :

$$R - CHBr - CH = CH^2 \to R - CH = CH - CH^2Br.$$

Si l'on considère dans leur ensemble les réactions de fixation de Br^2 et de départ de HBr, elles se résument en une substitution de Br à H dans une chaîne latérale du diisocrotyle; la parenté de formule du carbure et des dérivés méthylés du benzène permet de supposer un mécanisme analogue, mais sans intermédiaire saisissable, dans le passage du toluène au bromure de benzyle, analogie qui apporte un argument nouveau en faveur de la formule de Kékulé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Fixation de l'acide bromhydrique sur les carbures alléniques*. Note (¹) de M. **Marcel Bouis**, présentée par M. Ch. Moureu.

La fixation de l'acide bromhydrique sur les carbures alléniques n'a été étudiée jusqu'à présent que dans le cas des composés ramifiés. C'est ainsi que le diméthylallène $(CH^3)^2C = C = CH^2$ et le diéthylallène $(C^2H^5)^2C = C = CH^2$ ont été l'objet de recherches dues à Mokievsky (²) et à Ipatief (³).

(¹) Séance du 13 juin 1927.

(²) *Journ. Soc. phys. chim. r.*, 31, 1899, p. 777, et *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, 24, 1900, p. 558.

(³) *Journ. f. prakt. Chemie*, 2ᵉ série, 53, 1896, p. 149, et 2ᵉ série, 59, 1899, p. 526.

Les formules attribuées par ces auteurs aux monobromures résultant de la fixation d'une molécule d'hydracide sont assez contradictoires, à savoir $(CH^3)^2CBr - CH = CH^2$ dans un cas, $(C^2H^5)^2C = CH - CH^2Br$ dans l'autre. C'est d'ailleurs cette seconde formule qui semble la plus conforme aux faits. Quant aux dibromures obtenus en fixant $2HBr$, ils répondent à la formule $R^2CBr - CH^2 - CH^2Br$, d'après Ipatief, qui conclut en admettant que ces résultats s'étendent aux carbures monosubstitués $R - CH = C = CH^2$.

Disposant précisément d'une méthode de synthèse de ces carbures à chaîne linéaire, je me suis proposé de reprendre cette étude, et les résultats ont été tout différents de ce que les travaux antérieurs pouvaient faire prévoir.

Les expériences ont porté sur l'éthylallène $C^2H^5 - CH = C = CH^2$. Le carbure, refroidi à 0°, a été traité par une solution acétique d'acide bromhydrique. Le produit de la réaction, lavé et séché, a donné à la distillation deux fractions, correspondant respectivement à l'addition d'une et de deux molécules d'hydracide.

La première fraction est un mélange : Le point d'ébullition n'est pas fixe, mais aucune séparation n'est pratiquement possible. Le liquide distille, sous 25mm, de 25° à 30° environ, et, sous 760mm, de 106° à 115°. La densité est $d_{22} = 1,2403$ et l'indice $n_D^{22} = 1,4572$, ce qui donne une réfraction moléculaire égale à 32,73 (théorique 32,60). Ce n'est ni

$$C^2H^5 - CH = CH - CH^2Br \quad (I)$$

qui bout à 124°, ni $C^2H^5 - CHBr - CH^2$ (II), qui se transposerait en donnant le bromure (I), comme je l'ai montré précédemment [1]. La réfraction moléculaire présenterait d'ailleurs dans ces deux cas (bromures d'allyle) une exaltation notable. Il faut admettre que le liquide étudié est un mélange des deux bromures de vinyle $C^2H^5 - CH^2 - OBr = CH^2$ (III) et $C^2H^5 - CH = CBr - CH^2$ (IV). Le bromure (III) est connu [2]. Il bout à 107-108°. Son isomère (IV) n'a pas été décrit. Les résultats suivants confirment cette constitution du mélange : L'action de la potasse alcoolique donne un carbure acétylénique vrai, ce qui implique la présence du bromure (III). L'acétate de sodium ne réagit pas, ce qui exclut le bromure (I) et montre que le brome est fixé à un carbone dou-

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 788.

(2) Lespieau, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 29, 1921, p. 531.

blement lié. Une oxydation permanganique a donné de l'acide propionique, ce qui permet de conclure à l'existence du bromure (IV).

Quant à la seconde fraction, elle est constituée par un dibromure $C^5H^{10}Br^2$, ayant comme constantes : $Eb_{18} = 62\text{-}63^\circ$, $d^{16} = 1,6452$, $n_D^{16} = 1,5031$, R.M. = 41,33 (théorique 40,87). Le point d'ébullition montre qu'il n'y a pas de brome primaire dans la molécule de ce composé qui a pour formule $C^3H^7-CBr^2-CH^3$. La formation de ce dibromure s'explique aussi bien à partir du monobromure (III) qu'à partir de son isomère (IV), d'après les règles admises relativement à l'addition des hydracides sur les bromures éthyléniques.

L'ensemble de ces résultats montre nettement la façon dont l'acide bromhydrique se fixe sur l'éthylallène, et très vraisemblablement sur les homologues de même structure : $R-CH=C=CH^2$.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'enroulement hélicoïdal dans les cristaux.* Note de M. **Paul Gaubert**.

J'ai décrit autrefois des sphérolites d'acide phtalique dont l'enroulement hélicoïdal des particules cristallines se continue dans les cristaux formés à la périphérie, par suite de l'accroissement en largeur de quelques fibres ([1]). Ce fait assez imprévu a été mis dernièrement en doute par F. Bernauer ([2]) qui, bien qu'il n'ait pas fait d'observations à ce sujet, pense que l'apparence de l'enroulement est probablement due à une inégalité d'épaisseur dans les cristaux, provoquée par un accroissement rythmique. Le dérivé de la physostigmine, dont la présence dans la solution est nécessaire pour cet enroulement, exigeant une préparation longue et délicate ([3]), je me suis adressé pour établir que l'enroulement est possible dans les cristaux à des substances commodes à se procurer. Parmi elles l'acide hippurique, étudié par F. Bernauer, m'a donné de bons résultats qui avaient échappé à ce savant.

Les cristaux de ce corps appartiennent au système rhombique et sont hémièdres holoaxes, d'après B. Karandéeff: ils possèdent par conséquent une symétrie compatible avec la formation d'édifices hélicoïdaux. L'acide hippurique, fondu sur une lame de verre, et recouvert d'un couvre-objet,

([1]) P. Gaubert, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, 36, 1913, p. 60, et fig. VI, pl. 14.
([2]) F. Bernauer, *Neues Jahrb. f. Min., etc.*, Beil. 45, Abt. A, 1926, p. 124.
([3]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 145, 1909, p. 852.

peut rester un certain temps en surfusion et donner lorsqu'il est presque refroidi de très jolis sphérolites à enroulement hélicoïdal, étudiés par F. Bernauer. La préparation étant maintenue à la température de 180-185°, c'est-à-dire un peu au-dessous du point de fusion (187°,5), et la cristallisation amorcée avec une parcelle cristalline, il se produit des cristaux aciculaires, très allongés dont l'accroissement est assez lent. Leur largeur peut atteindre $0^{mm},15$, alors que leur longueur n'est limitée que par les dimensions du couvre-objet ou le contact d'un autre cristal. L'épaisseur est celle de la préparation. En lumière naturelle, ces cristaux aciculaires ne présentent rien de particulier. Cependant la préparation étant refroidie, il se produit des cassures variant de nombre et de direction suivant l'étendue de la lame cristalline, mais se répétant de distance en distance avec les mêmes caractères.

L'examen au microscope, avec les nicols croisés, montre que la teinte de polarisation n'est pas la même sur toute la longueur du cristal, qu'elle varie comme si l'épaisseur de ce dernier se modifiait graduellement en passant par des maxima et des minima. Deux longues plages d'inégale biréfringence, séparées par deux bandes transversales, presque obscures, alternent régulièrement. La plus biréfringente est la plus allongée. Dans les deux, la biréfringence est maxima à leur milieu. Leur allongement optique est différent, il est positif dans la bande la moins biréfringente et négatif dans l'autre. L'examen en lumière convergente indique que les bandes obscures et étroites sont perpendiculaires à un axe optique, que le milieu des deux sortes de bandes biréfringentes est perpendiculaire aux bissectrices obtuses et aiguës, cette dernière correspondant à la bande la plus courte est positive. Il s'agit donc d'un enroulement hélicoïdal autour de la direction de l'indice de réfraction moyen n_m et, par conséquent, autour de l'axe vertical c du cristal [le plan des axes optiques est, en effet, parallèle à la face $p(001)$, et la bissectrice aiguë positive coïncide avec l'axe b]. Le pas de l'enroulement varie, non seulement d'un cristal à l'autre, mais aussi dans le même individu. Il est habituellement très grand (quelques millimètres) et semble dépendre de la vitesse d'accroissement du cristal en relation avec la température, difficile à maintenir constante avec une platine chauffante électrique. En outre, l'acide hippurique se décompose légèrement et ses produits d'altération diminuent la vitesse de cristallisation.

Les faces limitant les cristaux d'acide hippurique enroulés doivent évidemment présenter des particularités manifestant cet enroulement, mais à part les cassures mentionnées plus haut, l'inégalité de la vitesse de disso-

lution sur le trajet de lame, je ne suis pas arrivé à en mettre d'autres en évidence.

Les cristaux des substances dont les arêtes présentent une certaine torsion, comme ceux, par exemple, d'azotate de pseudo-pelletiérine, préparés par G. Tanret, doivent aussi leur forme à un enroulement hélicoïdal des particules cristallines. Le pas de l'hélice de ceux d'azotate de pseudo-pelletiérine peut atteindre plusieurs centimètres.

En outre, dans certains sphérolites, la biréfringence des fibres plus ou moins individualisées varie régulièrement du centre à la périphérie, mais comme entre les nicols croisés on ne voit pas d'anneaux plus ou moins réguliers de même biréfringence, il semble qu'on a plutôt l'image d'une polarisation d'agrégats que celle d'un édifice à enroulement hélicoïdal. Cependant, l'étude des fibres, faite au moyen de la platine de Fedoroff [1], indique qu'il s'agit dans chacune d'elles, comme dans les cristaux isolés d'acide hippurique, d'un édifice hélicoïdal. Pour chaque fibre, l'enroulement a un point d'origine particulier indépendant de celui des voisines. De même, certaines substances cristallisant difficilement après fusion et refroidissement de la préparation (aucubine, arbutine, sucre de canne, etc.) donnent généralement des masses fibreuses, dont chaque fibre présente un enroulement hélicoïdal ayant une origine particulière.

Il résulte donc de ce qui précède, que l'existence des édifices hélicoïdaux est assez fréquente, qu'en dehors des beaux sphérolites à enroulement étudiés jusqu'ici, on peut la constater dans des cristaux isolés, dans des sphérolites ne montrant pas d'anneaux concentriques et dans des masses fibreuses en apparence tout à fait irrégulières.

GÉOLOGIE. — *Sur la série sédimentaire jurassique et crétacée de la côte occidentale de Madagascar, entre le Manambolo et le Manambao.* Note [2] de M. **Louis Barrabé**, présentée par M. H. Douvillé.

Les formations jurassiques et crétacées qui s'étendent le long de la côte occidentale de Madagascar, entre le Manambolo et le Manambao, n'ont été étudiées jusqu'à ce jour que d'une manière très fragmentaire (missions de Mouneyres et Baron, de Giraud et de MM. Léon Bertrand et L. Joleaud). Au

---

[1] P. Gaubert, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, 36, 1913, p. 47.

[2] Séance du 13 juin 1927.

cours d'une mission officielle, en 1926, j'ai été amené à étudier en détail, en collaboration avec M. Schnaebelé, géologue de la Colonie, la stratigraphie et la tectonique de cette région. Les nombreux fossiles que nous avons pu récolter permettent, dès maintenant, de donner un aperçu d'ensemble des différents niveaux jurassiques et crétacés qui s'y rencontrent.

La série n'est complète suivant aucun parallèle; pour trouver le maximum de complication, il faut étudier le Jurassique entre Tsiandro et Antsalova, et le Crétacé, plus au Sud, entre Bekopaka et Trangahy, le long de la rive nord du Manambolo. La série complète présente ainsi de haut en bas :

15. Calcaires marneux, crayeux, blancs, à *Pycnodonta vesicularis* Lam., Baculites indéterminables (probablement Maestrichtien).

14. Marnes et calcaires marneux gris d'Antokazo, à *Cassidulus Oldhammi* Stol., *Baculites vagina* Forbes, Inocérames, etc. (Campanien ou Santonien).

13. Calcaires gréseux, glauconieux, de Mitraiky, à *Desmoceras* (*Hauericeras*) *Gardeni* Baily, *Epiaster nobilis* Stol., *Marsupites ornatus* Sow., *Pachydiscus* cf. *arrialorensis* Stol., Inocérames de très grande taille, etc. C'est le début de la transgression sénonienne (Santonien ou Coniacien) qui a recouvert dans la région les coulées volcaniques du Crétacé moyen.

12. Coulées volcaniques, principalement basaltiques, alternant avec d'épaisses intercalations de tufs.

11. Grès rougeâtres, faiblement cimentés, avec quelques intercalations lenticulaires de marnes panachées, rougeâtres et verdâtres, sans fossiles.

10. Grès glauconieux, parfois grossiers, avec intercalations marneuses, fossilifères en quelques points (près de Masiaposa et au nord d'Andimaka): *Vola quinquecostata* Sow., *Acanthoceras* sp. C'est probablement de l'Albien. Près d'Ampoza, au nord de Bekopaka, ces grès passent à leur partie supérieure à des calcaires gréseux glauconieux à *Inoceramus* cf. *labiatus* et à très grosses ammonites mal conservées.

9. Grès rougeâtres semblables aux grès supérieurs (11), mais généralement sans intercalations marneuses et avec nodules cimentés par de l'hématite.

8. Marnes grises, avec gypse parfois, à *Duvalia polygonalis* Blainv., *Duvalia ensifer* Oppel, Serpules spiralées, etc.; en certains points, une faune naine à petites ammonites pyriteuses : *Phylloceras semisulcatum* d'Orb., vient s'ajouter à la faune précédente (Valanginien ou Tithonique supérieur). Souvent des bancs irréguliers de grès glauconieux se rencontrent au sommet des marnes.

7. Calcaires glauconieux, souvent rubéfiés au contact de l'air, avec *Perisphinctes* (*Virgatosphinctes*) *denseplicatus* Waagen, *Hecticoceras Kobelli* Oppel, *Aptychus* du groupe des *Lamellosi*, *Belemnites*, etc. (Kimmeridgien).

6. Marnes grises sans fossiles (Oxfordien ou Callovien probablement).

5. Calcaires marneux blancs sans fossiles.

4. Calcaires souvent très fossilifères avec *Pygurus depressus* Agass., *Cidaris* sp., Brachiopodes et nombreuses baguettes de *Cidaris*, formant une zone étroite en bordure occidentale de l'Antsingy (Bathonien supérieur).

3. Calcaires oolitiques ou pisolitiques compacts, débutant souvent par un niveau à gros polypiers (piste d'Antsalova à Tsiandro) et comportant des bancs qui sont de véritables lumachelles à Nérinées. Ces calcaires, très peu marneux, portent la forêt de l'Antsingy (Bathonien).

2. Calcaires sublithographiques alternant avec des bancs marneux (Bajocien).

1. Calcaires dolomitiques, parfois bréchoïdes et calcaires marneux avec quelques polypiers (Tsiandro) (Lias).

Ce dernier niveau calcaire repose sur les grès tendres du Trias qui constituent la majeure partie de l'escarpement du Bemaraha, les calcaires couronnent simplement la falaise.

Tout cet ensemble jurassique et crétacé plonge régulièrement vers l'Ouest; cependant les marnes à *Duvalia* sont nettement transgressives sur l'Oolitique supérieur et jusque sur le Bathonien au col Soahanina-Demoka (Nord de Soarano) et entre Kinanjao et le Manambolo (Est de Bekopaka). Les grès infra-crétacés sont transgressifs sur toute la même série jurassique dans les mêmes lieux et au nord de Dokolahy. Le Sénonien est transgressif sur les basaltes.

Il résulte de l'étude stratigraphique sommaire qui précède que la série sédimentaire jurassique et crétacée, sur la rive nord du Manambolo, est très voisine de celle, mieux connue, située au sud de la Betsiboka. Les différences essentielles sont seulement : a, *l'absence ici du Lias fossilifère indiscutable;* b, *l'absence du faciès callovien de la « Golden Oolite » de Cutch qui se rencontre non seulement au Nord (Mahavavy), mais aussi au Sud (Sakondry);* c, *la réduction des niveaux albiens fossilifères;* d, *l'absence des grès à reptiles remplacés peut-être en partie ici par les calcaires gréseux et les marnes du Sénonien inférieur.*

GÉOLOGIE. — *Sur le volcanisme récent dans le sud-est de l'Indochine.* Note de M. F. **Blondel**, transmise par M. Pierre Termier.

Tous les voyageurs qui ont parcouru l'intérieur du sud-est de l'Indochine ont été frappés par l'extension des phénomènes volcaniques, probablement assez récents, dont cette région a été le siège. De nombreux auteurs se sont faits l'écho de ces remarques.

Je suis en mesure de préciser un peu ces indications en donnant quelques détails :

1° Toutes les roches volcaniques de cette époque semblent, au moins

en gros, appartenir au groupe des basaltes. Je les ai d'ailleurs signalés dans une Note précédente. L'étude pétrographique systématique de ces basaltes reste encore à faire, encore que certains échantillons aient déjà été décrits. M. A. Lacroix, à qui j'ai pu montrer un certain nombre de ces régions basaltiques, m'a fait remarquer la grande fréquence du type doléritique.

2° Le fait le plus frappant est l'extrême étendue de ces formations volcaniques. Il n'est probablement pas exagéré de dire que le tiers de la superficie du pays que j'étudie ici et qui a environ 600^{km} de longueur sur 300^{km} de largeur est couvert de basalte, ce qui représente pour l'extension de ces roches basaltiques une surface égale approximativement au dixième de la France.

Les taches principales de basalte sont les suivantes :

Le Kontum où l'on trouve une zone basaltique à peu près continue disposée grossièrement à l'intérieur d'un cercle de 150^{km} de diamètre ;

Le Darlac qui fait suite au Kontum vers le sud et où les formations basaltiques ont à peu près même étendue.

La vallée du haut Donnai où le basalte s'étend sur plus de 100^{km} de longueur avec de larges excroissances à droite et à gauche de la vallée ;

Enfin une bande énorme qui ne s'interrompt guère qu'au passage du Donnai et qui va depuis 50^{km} à l'ouest de Kompong Cham sur la rive ouest du Mékong, jusqu'au rivage de la Cochinchine. Le bord sud-ouest de cette bande, dirigé suivant un large arc de cercle de près de 200^{km} de rayon et de concavité ouverte vers le sud-ouest, devait probablement marquer à un moment donné le rivage de la mer. Cette bande a une largeur variable qui oscille entre 30^{km} et 50^{km}.

En dehors de ces masses principales existent un grand nombre d'autres taches, petites ou grandes, moins importantes par rapport aux précédentes, mais qui ont souvent des dimensions atteignant plusieurs dizaines de kilomètres.

On est donc là en présence d'un phénomène d'une ampleur extraordinaire.

3° Il est relativement assez rare de rencontrer dans ces régions volcaniques des appareils suffisamment bien conservés pour qu'on ne puisse douter de leur interprétation. Beaucoup de voyageurs ont été trompés par la fréquence des cirques d'érosion qu'ils ont pris pour des cratères ou même par de simples bosses granitiques dont la forme pouvait induire en erreur. Cependant, au Kontum et au Darlac, on trouve encore quelques anciens volcans non douteux, tant par leur forme que par l'abondance des scories

dont ils sont constitués. Le plus célèbre d'entre eux est le Cheu Dron (ou Chi Hodrong) près de Pleiku, dans la province de Kontum et dont la fraîcheur de conservation est remarquable.

4° L'altération très profonde du basalte, l'absence de terrains sédimentaires ne permettent pas de dater avec précision ces éruptions. Presque toutes ces coulées constituent actuellement des plateaux plus ou moins entamés par l'érosion, ce qui montre leur ancienneté relative. Par contre, la présence d'appareils encore conservés ne permet pas de faire reculer cette ancienneté très loin dans le temps. On est en droit de penser, jusqu'à preuve du contraire, que ces éruptions datent sinon du Quaternaire, du moins de la fin du Tertiaire.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures sur les gros ions à Paris.* Note de M. **J. Mac Laughlin**, présentée par M. G. Ferrié.

Nous avons déjà présenté ([1]) à l'Académie certains résultats de mesures sur les gros ions à Paris. La présente Communication résume de nouveaux résultats.

I. *Absorption de la radiation solaire par les gros ions.* — A l'aide d'observations pyrhéliométriques faites au sommet et en bas de la Tour Eiffel, et de mesures croisées sur les gros ions, nous avons pu déterminer l'ordre de grandeur de l'absorption due, très probablement par dispersion ([2]), aux gros ions. Pour une couche atmosphérique égale à la hauteur de la Tour (300^m), et une concentration moyenne des ions, cette absorption est de $\frac{6}{1000}$. Puis, en supposant applicable la formule de Lord Rayleigh sur la dispersion de la lumière par de petites particules, et en tenant compte des gros ions des deux signes et des centres neutres, nous avons trouvé pour le rayon des gros ions la valeur $5,5 \cdot 10^{-6}$ cm. Par d'autres procédés, de Broglie a trouvé $4,9 \cdot 10^{-6}$ cm, Nolan $4,1 \cdot 10^{-6}$ cm, et Pollock $3,5 \cdot 10^{-7}$ cm.

II. *Les gros ions et les éléments météorologiques.* — Une étude statistique a donné des résultats négatifs pour la pression barométrique et l'humidité absolue, et des résultats positifs pour les éléments suivants :

a. Température. — Il y a une faible variation du nombre spécifique des gros ions (N) en sens inverse de la température.

([1]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1183.

([2]) Voir A. Boutaric, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1918, p. 71.

Température	5° à 0°,0.	0°,1 à 5°,0.	5°,1 à 10°,0.	10°,1 à 11°,0.	>15°,1.
N	16836	16700	16628	16516	14100

b. État hygrométrique. — La relation est sensiblement linéaire. Dans des cas particuliers, les plus brusques variations de N ont eu lieu les jours de variations rapides et irrégulières de l'humidité relative.

État hygrométrique.	21-90.	31-40.	41-50.	51-60.	61-70.	71-80.	81-90.	91-100.
N (Champ-de-Mars).	6740	8050	8700	8900	9640	10440	10610	
N (Val-de-Grâce	9330	10590	11250	14000	15760	17460	18780	23060

c. Vitesse du vent. — N varie en sens inverse de la vitesse du vent, sauf quand le vent atteint des vitesses élevées correspondant à des temps orageux.

Vitesse du vent en m/sec	0,0 à 1,9.	2,0 à 3,9.	4,0 à 5,9.	>6,0.	>8,0.
N (Champ-de-Mars)	14470	10500	8240	9090	
N (Val-de-Grâce)	23200	18450	14890	14650	17665

d. Visibilité (V). — Le produit de V et de N est à peu près constant.

N (V.-G.)	5000.	7000.	9000.	11000.	13000.	15000.	17000.	19000.	22100.	28500.	44900.
V (en km)	14,52	9,30	7,11	6,08	5,15	3,81	3,53	3,35	2,77	2,25	1,61

e. Nébulosité. — La relation est complexe.

Nébulosité	0.	0.	1.	2.	3.	4.	5.
N/1000 (Champ-de-Mars)	8,8	10,0	9,6	8,3	7,8	7,9	8,2
N/1000 (Val-de-Grâce)	17,4	18,0	16,0	13,7	14,0	13,0	12,0

Nébulosité	6.	7.	8.	9.	10.	10.
N/1000 (Champ-de-Mars)	8,3	8,5	8,6	8,6	9,1	10,3
N/1000 (Val-de-Grâce)	12,7	13,2	13,4	15,2	18,0	19,1

f. Pluie. — Nous ne trouvons aucune relation simple entre la quantité de pluie tombée et les gros ions. Le plus souvent la concentration est forte pendant les pluies fines de faible intensité. En général, la teneur en gros ions diminue après la pluie.

III. *Excès d'ions d'un signe : a. Charges libres de l'atmosphère.* — Une étude de cette question a été déjà faite par Daunderer et Norinder à l'aide de mesures sur le champ électrique : leurs résultats ne s'accordent pas bien ; nos propres résultats s'accordent bien avec ceux de Norinder.

b. Excès négatif par beau temps. — Nous avons constaté plusieurs fois par beau temps l'existence d'un excès négatif considérable qui peut expli-

quer le renversement du champ électrique par ciel serein. L'origine de cet excès se trouve, croyons-nous, dans un fait observé par de Broglie, à savoir la libération dans certaines conditions de noyaux liquides d'une surface humide légèrement chauffée. Si les noyaux sont libérés de la surface du sol même sous l'action du soleil ou d'un vent séchant, comme nous le supposons, ils porteront des charges négatives et influeront sur le champ électrique.

c. *Origine des charges électriques de la pluie.* — Dans une discussion approfondie, Chauveau a envisagé la possibilité des gros ions comme source des charges sur la pluie. Le tableau suivant, où l'intervalle de comparaison est d'une demi-heure, donne un appui à cette hypothèse. Les pluies positives sont plus fréquentes que les pluies négatives, mais les fortes charges sont plus fréquemment négatives que positives. Notre tableau montre l'existence d'une asymétrie analogue dans les excès positifs et négatifs des gros ions.

Excès pour 100.	0.	1 à 3.	4 à 6.	7 à 10.	11 à 15.	16 à 20.	21 à 30.	31 à 40.	> 40.
Nombre de fois positif.	15	54	55	48	30	11	4	4	0
Nombre de fois négatif.	»	46	24	21	11	8	13	2	4

Un exposé détaillé de nos observations et des particularités qu'elles présentent sera publié ailleurs.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques en Alsace et en Lorraine.* Note de M. **Ch. Maurain**, présentée par M. G. Ferrié.

Ces mesures font partie de celles qui ont été décidées par la sixième section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale en vue de l'établissement d'un nouveau réseau magnétique de la France. Elles ont été effectuées pendant l'été 1926 dans 44 stations indiquées par M. Mathias, secrétaire de la sixième section. Presque toutes les mesures ont été faites en double. Le tableau suivant donne les valeurs de la déclinaison D, de l'inclinaison I et de la composante horizontale H rapportées au 1er janvier 1922.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique au moment des mesures.
		Moselle (17 stations).		
Bitche	° ′ »	64°.32′,1	0,19808	Calme.
Bouzonville	10.15,3	47,8	19696	Calme.
Château-Salins	6,5	26,3	19868	Calme (D, I), presque calme (H).
Courcelles	18,0	35,1	19754	Calme.
Dieuze	10,7	28,0	19876	Calme.
Fénétrange	9.47,0	35,0	19754	Presque calme.
Forbach	51,2	38,0	19741	Calme (I), presque calme (D, H).
Lorquin	51,4	29,9	20002	Presque calme (I, H), un peu agitée (D).
Metz	10.23,1	40,1	19740	Calme.
Morhange	12,7	33,1	19787	Calme.
Phalsbourg	9.49,6	29,8	19904	Presque calme.
Saint-Avold	10.19,1	35,6	19736	Calme.
Sarrebourg	9.46,7	33,3	10883	Presque calme.
Sarreguemines	50,7	37,7	19686	Calme.
Sierck	10.19,6	46,1	19639	Calme.
Thionville	26,1	40,9	19669	Calme (D, I), presque calme (H).
Verny	23,3	28,9	19835	Presque calme (D), un peu agitée (I, H).
		Bas-Rhin (12 stations).		
Erstein	9.51,7	64. 3,9	0,20228	Calme (D), pr. calme (I), un peu agitée (H).
Haguenau	9.39,2	64.25,7	19919	Calme.
Lauterbourg	10. 1,8	63.31,2	19895	Calme (I), presque calme (D, H).
Molsheim	9.55,6	64.11,4	20151	Calme (D, I), presque calme (H).
Niederbronn	38,9	32,1	19835	Calme (D), presque calme (I, H).
Sarre-Union	50,5	27,5	19853	Calme (D, I), presque calme (H).
Saverne	41,0	30,0	19951	Calme (D, I), presque calme (H).
Schirmeck	38,5	21,2	20055	Calme.
Sélestat	45,7	2,7	20161	Calme (D), pr. calme (H), un peu agitée (I).
Seltz	33,4	26,6	19927	Calme (D, I), presque calme (H).
Wissembourg	44,0	30,1	19989	Presque calme.
Wœrth	47,1	29,3	19918	Calme (I), presque calme (D, H).
		Haut-Rhin (12 stations).		
Colmar	9.47,0	63.49,9	20274	Calme (D), presque calme (I, H).
Dannemarie	47,6	34,3	20467	Calme.
Guebwiller	47,0	48,1	20316	Calme.
Lautenbach	44,8	44,9	20279	Calme (D) presque calme (I, H).
Massevaux	48,9	41,7	20657	Calme.
Mulhouse	41,8	32,8	20450	Calme (D, I), presque calme (H).
Munster	45,8	48,8	20265	Calme (D, H), presque calme (I).

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique au moment des mesures.
Neuf-Brisach...............	° »	63°.45',2	20280	Calme.
La Poutroie..............	»	64. 1,8	20232	Presque calme.
Saint-Amarin............	9.51,5	63.51,6	20310	Calme.
Sainte-Marie-aux-Mines...	44,2	64. 1,4	20234	Calme (D, I), presque calme (H).
Wesserling...............	51,9	63.47,6	20329	Calme (D, I), presque calme (H).
TERRITOIRE DE BELFORT (3 stations).				
Belfort..................	9.53,7	63.40,3	20451	Presque calme (D, I), un peu agitée (H).
Delle.....................	49,6	29,7	20549	Calme.
Giromagny...............	54,5	38,8	20384	Calme (I), presque calme (D, H).

Les stations visitées ayant été beaucoup plus nombreuses que celles étudiées par A. Nippoldt en 1909 (au nombre de 16), la carte magnétique peut être établie avec plus de précision dans le détail. On constate dans le nord de l'Alsace et en Lorraine des anomalies assez fortes.

Un fait intéressant est le changement d'allure des lignes d'égale valeur de la composante horizontale et des lignes d'égale inclinaison à la traversée des Vosges. Les unes et les autres s'infléchissent vers le Sud-Est, ce qui correspond à un accroissement de la composante horizontale et à une diminution de l'inclinaison (variations qui s'accordent entre elles). Ces lignes présentent une inflexion inverse dans la plaine d'Alsace, où elles reprennent sensiblement leur position normale. La chaîne des Vosges a ainsi une influence magnétique qui se traduit en gros par une dépression vers le Sud des lignes d'égale inclinaison et d'égale composante horizontale. Cette anomalie paraît correspondre aux zones de roches éruptives qui se présentent dans la chaîne des Vosges depuis la vallée de Schirmeck jusqu'à l'extrémité méridionale de la chaîne.

BOTANIQUE. — *Sur la nutrition carbonée du* Penicillium glaucum *à l'aide de divers composés organiques de la série grasse.* Note [1] de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P. A. Dangeard.

Dans ses grandes lignes, la nutrition carbonée des Champignons en général et des Moisissures en particulier est assez bien connue grâce aux travaux auxquels ont donné lieu un petit nombre d'espèces, notamment le *Sterigmatocystis nigra* et l'*Euriotiopsis Gajoni*, mais, cependant, demande

(1) Séance du 7 juin 1927.

à être précisée de manière à rendre les résultats moins fragmentaires. En vue de contribuer à ce travail qui demandera encore de nombreuses recherches, j'ai pris comme exemple le *Penicillium glaucum*, cette moisissure bleue si répandue partout et qui a l'avantage de pouvoir être cultivée à la température habituelle des laboratoires.

Comme milieu de culture j'ai employé le liquide ci-après, qui contient tout ce qui m'a semblé — après de nombreux essais — être utile au *Penicillium* en fait d'azote (minéral) et de substances minérales mais ne renferme pas du tout de carbone : eau, 2^l; nitrate d'ammoniaque, 6^g; phosphate de potasse, 1^g; chlorure de potassium, 1^g; nitrate de calcium, $0^g,60$; sulfate de magnésium, $0^g,60$; sulfate d'ammoniaque, $0^g,30$; sulfate de zinc, $0^g,05$; phosphate de fer, $0^g,05$; chlorure de manganèse, $0^g,05$; silicate de potassium, $0^g,05$.

A ce liquide, distribué à raison de 125^{cm^3} dans des fioles d'Erlenmeyer, on ajoutait une petite quantité (environ $0^g,5$ pour les substances solides et de 3 à 5 gouttes pour les substances liquides) d'une substance carbonée, on stérilisait [1] à l'autoclave à 120° pendant un quart d'heure, puis on ensemençait avec des conidies de *Penicillium* prélevée dans une culture pure sur carotte. On laissait ensuite le tout en l'état pendant une dizaine de jours, temps largement suffisant pour se rendre compte si la moisissure avait pu se développer — en formant du mycélium et des conidies —, ce qui indiquait que le carbone de la substance ajoutée avait été assimilé [2].

Je me contenterai de donner dans cette Note les résultats que j'ai obtenus avec un certain nombre de substances organiques de la série grasse.

Parmi les alcools primaires, seul l'*alcool éthylique* s'est montré nettement assimilable; les *alcools méthylique*, *propylique*, *butylique*, *caproïque*, *allylique* se sont montrés incapables de céder leur carbone pour assurer la nutrition du *Penicillium*

Quant aux alcools polyatomiques, l'*érythrite*, la *mannite* et, surtout, la *glycérine*, ils sont nettement assimilables, tandis que le *glycol* ne l'est pas.

---

(1) Pour les substances volatiles, qui, évidemment, auraient disparu durant la stérilisation, j'ai dû me contenter de stériliser le liquide seul, puis, après refroidissement, d'y ajouter, aussi aseptiquement que possible, la substance à étudier.

(2) A la vérité, j'ai reconnu que les conidies du *Penicillium* renferment des traces d'une substance carbonée qui leur permettent de subir dans liquide sans carbone un léger commencement de croissance et de donner de petits mycéliums tout juste visibles à l'œil nu ; mais ces mycéliums plus que rudimentaires sont très faciles à distinguer de ceux, copieux, que l'on obtient dans un milieu où la substance carbonée ajoutée a été assimilée. Je note, en passant, que les conidies d'une autre moisissure, le *Sterigmatocystis nigra* ne semblent pas renfermer de réserves carbonées analogues, car, mises sur le même liquide elles restent absolument inertes, même à 28° — 30°, leur température optimum.

Parmi les dérivés des alcools que j'ai étudiés, j'ai reconnu que l'*éther ordinaire*, l'*aldéhyde formique*, le *chloral*, l'*acétone* ne sont pas assimilables. Les *graisses* semblent susceptibles d'assurer la nutrition carbonée de la Mucédinée, mais il est difficile d'avoir des certitudes à ce sujet parce qu'il est presque impossible d'en avoir de parfaitement pures et de les mélanger avec le liquide cité plus haut; j'ai cependant obtenu un résultat nettement positif avec l'*huile de ricin*.

Les *sucres* et corps analogues sont, en général, particulièrement favorables pour nourrir, en carbone, le *Penicillium*, lequel donne d'excellentes cultures avec le *glucose*, le *lévulose*, le *galactose*, le *mannose*, le *saccharose*, le *maltose*, le *raffinose*, et un peu inférieurs avec le *lactose*. Excellents résultats aussi avec les *glucosides* (*salicine*, *amygdaline*), l'*inuline*, la *dextrine*, le *glycogène*, mais nuls avec l'*amidon* (cuit), la *gomme arabique* et la *cellulose* (coton).

Parmi les *acides* mis en expérience, presque tous se sont montrés incapables de céder leur carbone, qu'il s'agisse d'acides monobasiques (*formique*, *acétique*, *butyrique*, *oléique*), d'acides bibasiques (*oxalique*, *malonique*) ou d'acides-alcools (*glycolique*, *lactique*, *tartrique*, *citrique*); seuls les *acides malique* et *succinique* sont assimilables et, même, copieusement.

Quelques substances grasses, à la fois azotées et carbonées (outre l'*amygdaline* citée plus haut) peuvent céder leur carbone à la Mucédinée. C'est le cas du *glycocolle* et de l'*asparagine*, qui cependant ne donnent que des résultats médiocres; avec ces substances on obtient des petites colonies flottantes avec centre rouillé, lequel au microscope se montre formé de nombreuses chaînettes de conidies semblant — à part leur couleur — normales, et de conidiophores nettement tératologiques. Quant à l'*urée* et à l'*acide urique*, ils n'ont donné ni l'un ni l'autre aucun résultat.

En résumé, sur les 47 substances de la série grasse que j'ai eu l'occasion de mettre en expérience, 22 se sont montrées capables d'assurer, plus ou moins bien, la nutrition carbonée du *Penicillium*, proportion assez notable qui explique, en partie, pourquoi cette Mucédinée, trouvant partout ce qui lui convient, est si répandue et contamine les milieux les plus divers.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La nutrition azotée des Mucorinées. Assimilation de l'ion nitrique.* Note de M. **Denis Bach**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note précédente [1], j'ai indiqué que la plupart des Mucorinées sont capables d'assimiler l'azote ammoniacal et avec de bons rendements, à condition d'utiliser un milieu stabilisé. Par contre, ce n'est qu'une minorité qui est capable d'assimiler l'azote nitrique.

Les 24 espèces précédemment étudiées ont été cultivées sur le milieu habituel, mais en remplaçant le sulfate d'ammoniaque par une dose équivalente de nitrate de potasse ($1^g,01$ pour 100; sol. N/10). Les cultures ont été faites et examinées suivant les techniques déjà décrites. Le milieu a été, dans tous les cas, amené à un pH de départ voisin de 6,3 à 6,4 par addition de $0^{cm^3},5$ de NaOH N/5 par fiole.

Il est remarquable de voir que l'aptitude à assimiler l'azote nitrique semble être un caractère générique. Ainsi, les divers *Rhizopus* (*R. nigricans, tritici, minutus, sp.*), les *Absidia* (*A. glauca, cœrulea, dubia*) les *Lichteimia* (*L. corymbifera, sp.*), sont incapables d'utiliser l'azote des nitrates. Il en est de même avec *Phycomyces splendens*, *Thamnidium elegans*, *Chœtostylum Fresenii*. Toutes ces espèces donnent, au quinzième jour, une culture pratiquement nulle, réduite à quelques flocons muqueux, comme on en obtient en supprimant complètement l'azote du milieu. Par contre, les espèces des genres *Mucor* (*M. spinosus, Mucedo, christianensis, racemosus, circinelloides, fuscus*), *Circinella* (*C. spinosa, umbellata*), *Helicostylum* (*H. piriforme*), *Cunninghamella* (*C. echinulata*), *Syncephalastrum* (*S. cinereum*) se développent toutes sur NO^3K.

Les rendements (pour 25^{cm^3} de milieu et 4 pour 100 de glucose) sont intermédiaires entre ceux que donne le milieu ammoniacal sans tampon et le même milieu avec citrate de soude. D'ailleurs l'addition d'un tampon n'a ici qu'une influence médiocre. Je relève ainsi les chiffres suivants au quinzième jour :

---

[1] D. Bach, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 766.

	NO^3K.	$SO^4(NH^4)^2$.	$SO^4(NH^4)^2$ + citrate.
Mucor spinosus	0,1258	0,0882	0,2090
» *racemosus*	0,1168	0,0681	0,1072
» *christianensis*	0,0988	0,0628	0,1140
» *circinelloides*	0,1384	0,0446	0,1165
» *fuscus*	0,1020	0,0339	0,1445
Cunninghamella echinulata	0,2214	0,0596	0,2795
Helicostylum piriforme	0,2178	0,0236	0,3030
Circinella spinosa	0,2351	0,0240	0,2927
» *umbellata*	0,2150	0,0224	0,2259
Glomerula repens	0,1481	0,0428	0,2250
Syncephalastrun cinereum	0,1431	0,0450	0,2195

En ce qui concerne la variation de la réaction au cours de la culture, on peut distinguer au moins deux cas. Quelques espèces : les *Mucor, Glomerula, Syncephalastrum* acidifient d'abord le milieu dont le pH descend jusqu'à 3 dans les cas les plus nets, puis on assiste à une alcalinisation considérable qui amène les cultures jusqu'à pH = 9 environ, avec, comme il est de règle, une protéolyse intense.

Cette phase d'acidification initiale ne s'observa pas chez les *Cunninghamella, Helicostylum* et *Circinella*. Le milieu s'alcalinise dès le début et l'on aboutit, ici encore, aux mêmes valeurs du pH.

On peut donc admettre, dans le cas des *Mucor*, la production transitoire d'acides organiques aux dépens du sucre. Ces acides semblent appartenir à la série acétique. Comme ces espèces sont en même temps des ferments alcooliques, il se forme des éthers à odeurs variées qui rendent les cultures aromatiques.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence d'une peptone sur la germination de quelques Vandées.* Note de M. **Robert Lami**, présentée par M. A. Dangeard.

Noël Bernard a montré le premier que la germination asymbiotique de certaines Orchidées était réalisable sur un milieu organique (Salep) suffisamment concentré et additionné ou non de saccharose. Plus récemment, MM. Knudson, Wolff et d'autres travailleurs ont obtenu des germinations asymbiotiques viables sur des solutions minérales saccharosées à 2-3 pour 100. M. Mercier a obtenu des résultats meilleurs dans l'ensemble, sur une bouillie gélosée de Salep à 5 pour 100.

L'extrême rareté de *Rhizoctonia mucoroïdes* possesseur d'une activité et d'une virulence convenant au déclenchement de la germination des graines de *Vanda* et de *Phalaenopsis*, nous a conduit à rechercher un milieu optimum pour la germination asymbiotique de ces graines.

La germination des graines de Vandées est assurée sur la bouillie gélosée à 5 pour 100 de Salep, nettement préférable à une décoction limpide. Les sphérules verdissent dès le début de la germination; leur croissance est lente, assez irrégulière, et seulement 60 pour 100 environ de graines donnent des plantules viables.

Les solutions minérales additionnées de saccharose (2-3 pour 100) permettent aussi la germination, mais, en général, les résultats sont inférieurs à ceux que donne le Salep. Dans ces solutions l'azote est fourni sous forme de chlorure ou de sulfate d'ammoniaque.

Des semis de M. Bultel sur solution minérale saccharosée et gélosée, additionnée de racines d'Osmonde hachées, nous ayant paru se développer mieux que sans cette addition, nous avons recherché si l'addition d'une source d'azote organique à une solution minérale sucrée ne favoriserait pas la germination des graines de Vandées. Après des essais ayant porté sur plusieurs centaines de tubes de culture, nous nous sommes arrêté au milieu suivant, dit milieu V. P. :

Solution MN + N de Burgeff	1000
Amidon	1
Saccharose	10
Glucose massée	10
Peptone Chapoteaut	1 à 2
Agar-agar	15 à 18

Ce milieu permet, en culture aseptique, le développement rapide et morphologiquement normal des protocormes, bien que la chlorophylle n'apparaisse que tardivement, souvent après plusieurs semaines, alors que les protocormes atteignent plusieurs millimètres. A ce moment, ils deviennent vert jaune, puis vert franc. Le pourcentage des germinations dépasse souvent 95 pour 100 et l'uniformité de croissance est remarquable. La croissance se poursuit, les feuilles, puis les racines apparaissent. Cependant, dans un tube trop abondamment ensemencé, les protocormes périclitent, puis meurent avant l'apparition de la première feuille. En ne semant que 8 à 10 graines par tube de 18^{mm}, le développement se poursuit jusqu'au stade 3-4 feuilles et 1-2 racines. Il est cependant préférable de repiquer

les protocormes dès leur verdissement sur milieu non sucré (milieu C de Burgeff) en ballons stériles où, s'il s'agit de *Phalaenopsis*, les plantules peuvent, après plusieurs repiquages, atteindre la taille de plantes adultes tout en demeurant asymbiotiques.

L'addition de Salep au milieu V. P. produit un verdissement plus précoce des protocormes.

La comparaison des résultats obtenus sur V. P. avec ceux sur milieu simplement sucré montre que :

1° La peptone accélère la germination, puis le développement des protocormes;

2° La peptone entrave l'apparition précoce de la chlorophylle, et le protocorme incolore mène pendant quelque temps une vie saprophytique;

3° L'aptitude au développement des graines d'un même fruit est variable; sous l'influence de la peptone, cette inégalité tend à diparaître, le pourcentage des plantules viables augmente et, pour un lot de graines de qualité moyenne, passe de 50-60 à 90-95 pour 100;

4° Le repiquage précoce des protocormes sur un milieu non sucré, repiquage équivalant physiologiquement à la suppression de la symbiose, n'entrave pas la croissance des plantules. Il semble donc, par suite, que l'évolution des Orchidées adultes puisse s'effectuer sans symbiose.

CRYPTOGAMIE. — *Note sur les cultures mycéliennes réalisées par les termites indochinois.* Note (¹) de M. **Jean Bathellier**, présentée par M. Louis Mangin.

La comparaison de cultures mycéliennes des termites indochinois avec celles des fourmis champignonnistes sud-américaines, fait ressortir divers points importants.

1° Les champignons poussent, dans les deux cas, sur des meules formées de substances ligneuses mastiquées par les insectes et accumulées. La matière première est constituée, dans le cas des fourmis, par des fragments de feuilles vertes découpées sur certains végétaux. Dans le cas des termites indochinois (*Macrotermes gilvus* Hagen et autres), elle est constituée par de petits morceaux de feuilles et de tiges sèches de graminées, de feuilles

(¹) Séance du 13 juin 1927.

sèches d'autres végétaux (manguiers, en particulier) récoltés sur le sol, aux abords du nid. J'ai pu m'assurer de cette identité au moyen de la loupe et du microscope.

La meule des termites ne ressemble, en aucune façon, à de la matière excrémentielle; elle en diffère par l'aspect physique, par le fait que ses éléments histologiques ne présentent pas de trace sérieuse de digestion, parce qu'elle ne contient pas le fluide rectal brun, que sécrètent les termites dits champignonnistes, comme tous les autres Isoptères.

2° Les meules des termites, comme celles des fourmis, sont revêtues d'un velours mycélien fin et portent, de distance en distance, de petites productions sphériques, blanchâtres, de 1^{mm} de diamètre environ, constituées par le feutrage de filaments spéciaux du champignon, que les auteurs de langue française appellent habituellement des « mycotêtes ». Ces productions constituent, chez les termites, l'ébauche d'autant de « chapeaux » de Basidiomycète.

Une mycotête, isolée par moi et placée dans une boîte close, sur de la ouate humide, devient un de ces chapeaux, avorté mais non douteux. Des coupes pratiquées dans des mycotêtes de tailles diverses, m'y ont montré le développement graduel des organes de cet appareil fructificateur.

Le Basidiomycète présent sur les meules d'*Odontotermes Horni* Wasmann est une Agaricinée : *Volvaria eurhiza* Berkeley et Broome. Je crois qu'il se trouve aussi dans les cultures des autres termites indochinois. D'après Möller, une autre Agaracinée, le *Rozites gongylophora* Möller se rencontre sur les meules des Atta sud-américaines.

3° L'évolution des mycotêtes en chapeaux reproducteurs ne se produit que rarement. En général, les filaments mycéliens qui les constituent prennent un aspect particulier sous lequel ils demeurent fixés. Ils cessent de se cloisonner, leurs articles deviennent vacuolaires, certains se renflent en forme de vésicule. Le même aspect se retrouve dans les accumulations de filaments mycéliens qui sont, chez les fourmis, l'équivalent des mycotêtes. Je pense qu'il y a là une convergence de forme et de structure, imposée par le milieu particulier où se développent ces champignons.

4° Lorsque les meules, garnies de mycotêtes, sont extraites de la termitière, leurs éléments mycéliens reprennent un aspect normal et commencent à édifier un chapeau reproducteur. Mais ce développement est presque toujours étouffé par la croissance luxuriante d'un autre champignon, le *Xylaria Gardneri* var. *minor* Berkeley. Celui-ci est toujours présent sur les meules des termites indochinois, mais il n'est pas apparent, tant que ces construc-

tions sont conservées dans les conditions normales de l'intérieur du nid. Au contraire, les meules des Atta sud-américaines ne paraissent renfermer que le mycélium du *Rozites*. La culture est donc pure, à moins que le dernier Basidiomycète ne soit pas assez vigoureux pour empêcher le développement d'autres Thallophytes, effectivement présents, cependant, sur la meule.

5° Les deux espèces de champignons que j'ai reconnues sur les meules des termites indochinois sont, à la variété près, celles que Petch a recueillies sur les cultures des Odontotermes de Ceylan.

AGRONOMIE. — *Le besoin en chaux des sols acides. Réapparition lente de l'acidité après saturation par la chaux.* Note [1] de MM. **Ch. Brioux** et **J. Pien**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Le besoin en chaux immédiat des sols acides peut être déterminé d'une façon exacte par la méthode des courbes électrométriques de saturation [2] ou, d'une façon très approchée, par la méthode Hutchinson.

Nous avons vérifié à maintes reprises qu'une terre acide, mélangée à la quantité théorique de chaux indiquée par les courbes de saturation, arrive à la neutralité et s'y maintient un certain temps. Mais nous avons observé qu'au bout de quelques semaines, le sol avait tendance à se réacidifier.

Divers lots d'une terre (pH initial : 5,67 ; besoin en CaO : 0,488 pour 1000) furent additionnés de CaO ou CO^3Ca, soit à dose égale au besoin en CaO, soit à dose triple. Les lots, maintenus légèrement humides, ont donné à l'électrode hydrogène :

pH.	Dose simple.		Dose triple.	
	CaO.	CO^3Ca.	CaO.	CO^3Ca.
Après 2 heures de contact	7,05	7,05	8,30	7,93
» 24 heures »	7,00	7,00	8,00	8,00
» 1 semaine »	7,00	6,92	8,04	7,95
» 3 semaines »	6,88	6,77	7,94	7,99
» 7 semaines »	5,87	5,73	6,71	6,85
» 8 semaines »	5,46	5,45	6,85	6,83
» 5 mois et demi »	»	»	6,54	6,54

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) Ch. Brioux et J. Pien, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1297.

Il faut noter la baisse numérique du pH, très accentuée dès la troisième semaine pour tous les lots. Après 8 semaines, les lots à dose simple sont plus acides qu'avant l'essai et les lots à dose triple s'acidifient légèrement.

Ces résultats, un peu surprenants, peuvent être attribués en partie à la nitrification des matières organiques du sol. Or nous avons trouvé qu'en déduisant la chaux ayant saturé l'acide nitrique formé, il reste disponible : pour les lots avec dose triple, 1g,256 de CaO, soit environ deux fois et demi le besoin en chaux du sol, dose qui devrait suffire à maintenir l'alcalinité, et environ la moitié de la chaux pour les lots avec dose simple.

Comme vérification, nous avons organisé d'autres essais avec deux terres acides (n° 1 : pH = 6,35, besoin en CaO = 0,239 ; — n° 2 : pH = 5,15, besoin en CaO = 0,644). La chaux fut introduite à dose simple ou triple sous forme de CO^3Ca précipité. Le pH varia comme suit :

	Terre n° 1.		Terre n° 2.	
	Dose simple.	Dose triple.	Dose simple.	Dose triple.
pH après 2 heures	7,06	7,72	7,05	7,72
» 24 heures	7,06	7,73	7,04	7,80
» 8 jours	7,00	7,80	7,04	8,13
» 3 semaines	7,05	7,70	7,05	8,10
» 5 semaines	6,64	7,38	7,02	8,10
» 2 mois	6,48	7,25	6,79	8,10
» 3 mois et demi	6,31	6,91	6,44	7,23

Ces résultats confirment les précédents. On a dosé également les nitrates dans chaque lot ; déduction faite de la chaux correspondante, les quantités suivantes de CaO restaient disponibles pour agir sur l'acidité :

	Terre n° 1.		Terre n° 2.	
	Dose simple.	Dose triple.	Dose simple.	Dose triple.
Besoin en chaux initial	0,239	0,239	0,644	0,644
Chaux finalement disponible	0,132	0,603	0,596	1,683

Il y a encore disproportion entre l'acidité finale et la chaux restée disponible.

Pour expliquer ce fait, qui correspond à une sorte de digestion lente de la chaux par le pouvoir tampon du sol, on peut admettre soit la formation d'acides organiques dus à l'oxydation des débris végétaux ou de l'humus,

soit l'existence, dans le sol, de certains silicates non saturés très peu solubles, dont les radicaux acides n'agissent pas (ou peu) sur le pH initial des suspensions de sol et ne se saturent que très lentement aux dépens de la chaux introduite.

Pour ces terres, le besoin en CaO obtenu au laboratoire serait inférieur au besoin en chaux réel du sol en place, et l'on devrait le multiplier par un certain coefficient.

Ces observations, importantes pour la pratique agricole, concordent avec les résultats d'une étude effectuée récemment au Danemark par Christensen et Jensen [1].

Cette question demande à être approfondie par des essais simultanés au laboratoire et en plein champ.

ZOOLOGIE. — *Les Barbeaux du Maroc.*
Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Bouvier.

Dans les principaux cours d'eau du Maroc, les Poissons de beaucoup les plus abondants et les plus variés sont des Cyprinidés du genre Barbeau. A l'heure actuelle, en effet, on n'en distingue pas moins de dix-sept espèces, plus deux variétés.

Toutes ces formes, ainsi que je l'ai indiqué à plusieurs reprises [2], rentrent dans deux sections nettement distinctes sur lesquelles Boulenger a justement insisté [3] : celle des Barbeaux proprement dits ou *Barbus*, à écailles à stries divergentes, à dernier rayon simple de la nageoire dorsale plus ou moins ossifié et denticulé en arrière; celle des *Labeobarbus*, sous-genre possédant des écailles à stries parallèles et dont le dernier rayon simple de la dorsale est dépourvu de denticulations postérieures.

Dix espèces marocaines rentrent dans la première catégorie dont le type bien connu est le Barbeau commun (*Barbus fluviatilis* Agassiz) de nos eaux métropolitaines, ce sont là des formes à affinités européennes marquées;

---

(1) Harold Christensen et Tovborg Jensen, *Comptes rendus de la XIe Commission de l'Association intern. de la Science du sol.* Groningen, 1926, vol. A, p. 94.

(2) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 809, et 176, 1923, p. 787.

(3) *Cat. Freshwater Fishes Africa*, 2, 1911, p. 2.

sept autres appartiennent à la seconde catégorie d'origine éthiopienne et même sud-asiatique.

Dans chacun de ces deux groupes différents la variabilité est extrême, elle porte principalement sur le degré d'ossification des rayons simples de la dorsale, la forme de la bouche, le développement des lèvres, la longueur des barbillons, le nombre des écailles, la position des ventrales par rapport à l'origine de la dorsale. Dans chaque série, on passe souvent par des transitions à peine sensibles d'une espèce à une autre.

Or, aussi bien en étudiant les collections du Muséum de Paris et celles du Musée de l'Institut scientifique chérifien à Rabat qu'en effectuant moi-même des pêches, lors d'une mission au Maroc occidental en 1925, j'ai pu constater que des Barbeaux à la fois du type européen et du type africain coexistent presque toujours *ensemble* dans les mêmes eaux, pour ce qui concerne les bassins de tous les grands fleuves du versant atlantique : Sébou, Oum Er Rbia, Tensift.

Les pêcheurs européens ne s'y trompent pas d'ailleurs; ils distinguent les premiers à livrée sombre, à petites écailles, sous le nom de Barbeaux; les seconds de teinte claire, à flancs et à ventre à reflets argentés, à écailles assez grandes, sont désignés par eux, à tort, sous le nom de Chevaines ou de Gardons.

Cette observation doit maintenant s'étendre à tout l'empire chérifien. En effet, lors d'une nouvelle mission accomplie, cette année même, dans le Maroc oriental, j'ai pu retrouver dans le bassin de la Moulouya, tributaire de la Méditerranée, cette même présence simultanée d'espèces de type européen à côté d'autres de type africain. C'est ainsi, par exemple, qu'à Guercif, dans l'Oued Melloulou, près de son embouchure dans la Moulouya, on prend des *Barbus sedivimensis* C. V. (type européen) avec des *Barbus* (*Labeobarbus*) *Waldoi* Boulenger (type africain).

L'étude des matériaux récoltés en 1914 par C. Alluaud, à Port-Say, dans l'oued Kiss, petite rivière qui avoisine la frontière entre le Maroc et l'Algérie, m'avait déjà montré [1] l'existence de ce même *B. setivimensis* C. V. associé au *B.* (*Labeobarbus*) *Paytoni* Boulenger, étroitement allié au *B.* (*L.*) *Valdoi* Blgr.

Au contraire, en Algérie et en Tunisie subsistent seules des espèces à affinités européennes comme le *B. setivimensis* C. V. et le *B. callensis* C. V.

Cette distribution s'explique par la direction de la chaîne de l'Atlas qui, au centre et à l'Est, est plus ou moins parallèle à la ligne de rivage et a mis obstacle aux migrations de formes éthiopiennes d'eau douce venues du Sud. Au contraire, la Moulouya coulant à peu près du Sud au Nord a permis l'arrivée jusqu'au rivage de la Méditerranée de quelques types africains, des communications ayant pu d'autre part s'établir entre ses affluents de gauche et les rivières du versant atlantique, à faune ichtyologique déjà mélangée.

---

[1] *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 49, 1926, p. 459.

Ces constatations géographiques ont leur importance et permettent d'établir une démarcation assez nette entre le Maroc d'une part et l'Algérie-Tunisie de l'autre.

En terminant il me semble nécessaire de réhabiliter dans une certaine mesure, au point de vue alimentaire, les Barbeaux du Maroc dont quelques-uns atteignent parfois une belle taille. En général, ces Poissons sont peu recherchés des colons et des indigènes ; cela tient à ce que leur chair, dans des eaux polluées, contracte un goût de vase assez prononcé, mais il en est de même ailleurs pour tous les Cyprinidés.

Dans les eaux claires et limpides — et certains Barbeaux comme celui du grand Atlas (*Barbus Magni-Atlantis* Pellegrin) fréquentent les mêmes eaux que la Truite — leur chair est assez agréable et vaut assurément celle de la plupart des Poissons blancs de nos rivières.

Il ne faut donc pas considérer comme une ressource alimentaire négligeable ces Poissons et l'on doit les protéger, car ils constituent, en quelque sorte, le principal fond de la faune ichtyologique des eaux douces de l'Afrique du Nord.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur les rapports entre le glutathion et le chondriome.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. d'Arsonval.

Par diverses réactions au nitroprussiate de sodium, on peut déterminer la répartition du glutathion dans les Grégarines.

Dans les sporadins de l'espèce *Steinina ovalis* (Léger et Duboscq), parasite de l'intestin de la larve du *Tenebrio molitor*, on peut distinguer trois zones bien délimitées morphologiquement : la zone A, formée par le deutomérite ; la zone B, partie postérieure du protomérite en forme de cylindre ; la zone C, formée par le cône antérieur protoméritique. Les réactions du nitroprussiate montrent que la distribution du glutathion est établie suivant ces zones : A contient du glutathion, B est beaucoup moins riche et C en est dépourvu.

Au cours de la croissance des sporadins, des modifications de formes peuvent survenir dans ces zones respectives, fréquemment le cône antérieur protoméritique devient très surbaissé dans les sporadins accouplés qui se préparent à l'enkystement, les trois zones de distribution persistent ; la différence entre A et B s'est atténuée légèrement parce que B s'est un peu enrichi en glutathion.

Quand deux Grégarines sont enkystées, les réactions colorantes montrent que dans chacune le glutathion est réparti d'une façon homogène dans tout le cytoplasme.

Dans l'espèce *Gregarina polymorpha* (Hamm), également parasite de l'intestin de la larve du *Tenebrio molitor*, on constate des faits analogues. Le sporadin de la Grégarine présente trois zones bien distinctes morphologiquement : A est le deutomérite; C, la lentille antérieure protoméritique et B le reste du protomérite (il y a des sporadins pour lesquels la zone C n'est pas visible). A renferme plus de glutathion que B, et C en est dépourvu. Les différences entre A et B s'atténuent légèrement au cours de la croissance par un enrichissement de la zone B en glutathion. Cet enrichissement est plus rapide et plus important dans la zone B du ♂ que dans la zone B du sporadin ♀. Au stade de l'enkystement, aucune localisation particulière du glutathion n'apparaît; cette substance est répandue uniformément dans le cytoplasme de chacun des deux Sporozoaires.

La répartition du chondriome dans le cytoplasme des sporadins des deux espèces de Grégarines s'établit suivant les zones délimitées plus haut : A est pourvu de chondriocontes et chondriomites nombreux, B ne possède que quelques granulations mitochondriales et C est dépourvu de chondriome. Les différences entre A et B s'atténuent légèrement au cours de la croissance des sporadins par un enrichissement de B en éléments du chondriome. Enfin, dans *G. polymorpha*, cet enrichissement est plus rapide et plus important pour les sporadins ♂ que pour les sporadins ♀.

Au stade de l'enkystement, dans l'une et l'autre espèce, il y a une répartition uniforme du chondriome dans le cytoplasme de chaque Grégarine du couple.

Ainsi, dans les deux espèces étudiées, il existe un parallélisme remarquable, aux diverses phases de l'évolution, entre la teneur en glutathion dans les différentes régions d'une Grégarine et la distribution du chondriome : les zones cytoplasmiques dépourvues de chondriome ne donnent pas la réaction du glutathion, celles où les éléments du chondriome sont peu abondants donnent une réaction faible et celles où le chondriome est le plus abondant donnent une réaction plus forte.

On peut préciser davantage la nature de ces rapports. Les réactions du nitroprussiate donnent tout d'abord une teinte générale diffuse, dont l'intensité relative a permis les constatations ci-dessus. Cette teinte, assez fugace, s'atténue peu à peu et seuls restent colorés dans la cellule les éléments qui

étaient l'origine de la teinte. On s'aperçoit alors que le noyau de la cellule est dépourvu de glutathion et que dans le cytoplasme les seuls éléments qui restent colorés sont précisément les éléments du chondriome.

Dans un sporadin de Grégarine dont le chondriome du protomérite n'est représenté que par quelques éléments granuleux, on peut distinguer par les réactions au nitroprussiate de petits granules violets ayant la taille et la disposition des mitochondries de ce segment, alors que dans le deutomérite se détachent nettement de fines baguettes violettes bordant les éléments de réserve et représentant incontestablement les chondriocontes et chondriomites de cette région. Dans la suite de la réaction, les éléments du chondriome semblent subir un gonflement et sont parfois flanqués de petites vésicules, mais il y a un long espace de temps pendant lequel les images données par la réaction du glutathion sont exactement superposables aux figures que donnent les préparations mitochondriales, et cela pour les deux Grégarines et à tous les stades d'évolution dont il a été question plus haut.

Cette superposition des images mitochondriales aux images données par le glutathion a été également vérifiée dans quelques stades de *Gregarina cuneata* et dans la coccidie *Aggregata eberthi*. Il résulte de ces diverses constatations que, dans le groupe des sporozoaires, le chondriome est le support du glutathion.

Des recherches en cours ont en outre permis de vérifier que le fait se retrouve dans le chondriome des végétaux et dans celui de divers tissus de métazoaires. Les résultats de ces recherches nous permettent de penser qu'il y a là un caractère très général et que le chondriome, étant l'élément cellulaire qui supporte le glutathion, doit jouer, de ce fait, un rôle important dans la respiration intracellulaire.

PHYSIOLOGIE. — *Secousse de shunt sur le gastrocnémien de grenouille.* Note [1] de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. d'Arsonval.

Lorsqu'on met en court circuit par un conducteur métallique très peu résistant les deux électrodes excitatrices d'un nerf sciatique de grenouille parcouru par un courant polarisant, on constate une vive secousse du gastrocnémien.

---

[1] Séance du 13 juin 1927.

Ce mode particulier d'excitation par cessation d'un courant préalablement établi est analogue à celui que j'ai étudié sur l'homme avec la collaboration de H. Desgrez et J. Dubost [1], sous le nom de secousse de shunt.

Sur les préparations que j'ai expérimentées, la secousse de shunt du gastrocnémien s'est montrée plus ample que celle obtenue lors de la fermeture du courant polarisant, plus ample aussi que celle obtenue par ouverture simple de ce même courant.

L'excitation par shunt se fait mieux en courant descendant qu'en courant ascendant, contrairement à ce que l'on pourrait prévoir d'après les résultats en excitation monopolaire sur l'homme.

Elle se manifeste soit que l'on opère avec un nerf coupé sur électrodes de d'Arsonval, soit avec un nerf non coupé reposant dans la chambre spéciale de Lapicque.

Il faut, croyons-nous, attribuer cette excitation à la décharge des condensateurs élémentaires que constituent les membranes tissulaires, véritables diélectriques imparfaits séparant le sérum électrolytique qui baigne leurs faces. Ces faces chargées d'électricités de signes contraires, à la manière des armatures des condensateurs, se déchargent dans le shunt en y créant un courant de sens opposé ou courant primitif polarisant. Son intensité peut être grande, vu la faible résistance vraie des tissus et du shunt. La question se pose de savoir si la secousse de shunt en excitation bipolaire doit être attribuée à ce courant de dépolarisation, qui agirait sur les éléments nerveux comme un véritable courant de fermeture brusquement admis dans un nerf intact, ou bien si c'est un changement d'équilibre physico-chimique des membranes polarisées, corrélatif à leur décharge, qui détermine l'excitation actuelle.

Les expériences ne doivent être répétées qu'un petit nombre de fois sur la même préparation, à cause des effets des courants prolongés, nuisibles à la constance de l'excitabilité.

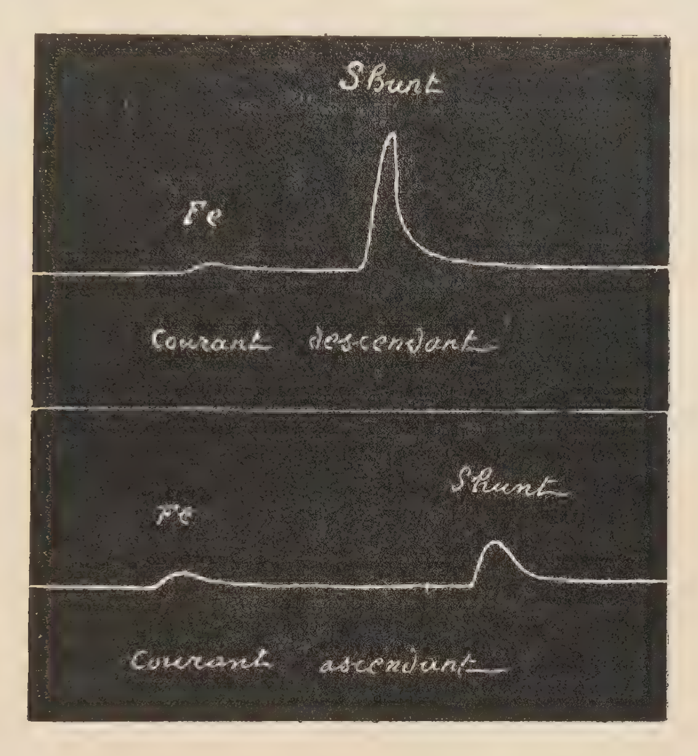
Elles réussissent identiquement soit que l'on admette le courant polarisant par fermeture brusque, soit que l'on fasse croître progressivement son intensité pour éviter la secousse de fermeture.

La contraction est d'autant plus forte que la durée de passage du courant polarisant est plus prolongée, dans les limites de quelques secondes pour

---

[1] Ph. Fabre, H. Desgrez, J. Dubost, *Excitation musculaire par dépolarisation électrique, Secousse de shunt* (*C. R. Soc. Biologie*, **96**, 1927, p. 313).

les préparations fraîches, de plusieurs dizaines de secondes pour les préparations vieillies.



Fe : Secousse à la fermeture du circuit d'excitation. — Shunt : Secousse à la fermeture d'un court circuit entre les deux électrodes excitatrices. — La force électromotrice d'excitation a été prise pour l'un et l'autre graphique légèrement supérieure au voltage liminaire de fermeture.

Nous donnons ci-dessus un tableau des voltages liminaires et un graphique des secousses pour les divers modes d'excitation.

GRENOUILLE VERTE (Résistance série 50000^{ohms}).

Courant descendant.

Seuil de fermeture.......................... 0^{volt},9

Seuil par shunt.............................. 0^{volt},4

Courant ascendant.

Seuil de fermeture.......................... 1^{volt},1

Seuil par shunt.............................. 0^{volt},6

THÉRAPEUTIQUE. — *Des injections d'autolysats cancéreux dans le traitement des cancers.* Note de M. **Joseph Thomas**, présentée par M. Charles Richet.

I. *L'étude du cancer expérimental* faite sur les souris nous a appris : *a.* qu'une première greffe de tumeur peut rendre l'animal réfractaire à une greffe ultérieure; *b.* que l'immunité conférée n'est pas spécifique, c'est-à-dire que la forme histologique de la greffe préparatoire est indifférente; *c.* que l'immunité peut être obtenue, dans quelques conditions, par les greffes d'une tumeur irradiée après ablation, par les injections d'albumines cancéreuses bouillies, de sang normal, de produits de broyage d'embryons, de tissus de certaines glandes endocrines, de cellules de foie et surtout de cellules de rate.

D'autre part, quoiqu'il n'y ait pas identité entre le cancer expérimental des souris et le cancer humain, *la clinique humaine* nous a appris : *a.* qu'il n'existe qu'un nombre de cas restreint où l'on constate, chez un même individu, l'existence de cancers histologiquement différents, dérivant chacun du tissu propre de l'organe dans lequel il s'est développé, de sorte que chaque cancer donne lieu à des métastases qui lui sont propres; *b.* qu'au début, la tumeur primitive est généralement unique, que les métastases ne se produisent qu'ultérieurement et se mettent souvent à proliférer dès que la tumeur primitive est enlevée; *c.* que, dans certains cas extrêmement rares sans doute, une guérison spontanée du cancer a pu se produire; *d.* que certaines maladies infectieuses : variole, érysipèle, peuvent suspendre, pour un temps, l'évolution du néoplasme; *e.* enfin, à un point de vue plus général, qu'il est possible de prévenir et même de guérir certaines maladies, comme la variole et la rage, sans connaître l'agent de la dite maladie.

II. La sérothérapie anti-cancéreuse, dont Charles Richet fut le promoteur en 1895 [1], a donné, à maintes reprises, sinon une guérison complète, tout au moins une amélioration de l'état général et une rétrocession telles qu'une opération a pu être pratiquée ultérieurement. Résultats fugaces, certes; mais à quel stade d'évolution se trouvaient les cancers ainsi traités? Le reproche de non-spécificité est sans valeur, puisque Calmette a démontré que le sérum des animaux immunisés par inoculations progres-

---

[1] *Comptes rendus*, 120, 1895, p. 948-950.

sives de petites quantités de venins était antitoxique et thérapeutique, non seulement contre le venin particulier qui avait servi à immuniser l'animal, mais encore contre le venin d'autres espèces. L'exemple est typique, les venins étant des poisons d'origine épithéliale.

III. A la suite d'un accident assez sérieux d'anaphylaxie survenu après plusieurs injections de sérum antinéoplasique, dans un cas de tumeur maligne du sein, et malgré une amélioration générale et locale manifeste, j'ai renoncé à la sérothérapie et j'ai eu recours aux injections de *produits d'autolysats cancéreux* [1] préparés selon une technique que j'ai indiquée ailleurs [2].

Voici ce qu'une observation déjà longue m'a appris :

a. Il n'existe pas de spécificité quant à la nature histologique et à l'origine du tissu utilisé, de sorte que, pratiquement, il est aisé d'employer des vaccins préparés d'avance; *b*. les produits préparés avec du tissu cancéreux datant d'au moins 3 mois sont plus efficaces que ceux qui sont préparés avec le même tissu fraîchement recueilli; *c*. les malades encore gras et corpulents sont moins favorablement influencés que les malades maigres; *d*. l'optimum des résultats est obtenu chez les sujets neufs, c'est-à-dire opérés ou non, mais n'ayant pas été soumis à l'action des rayons X; *e*. des injections sous-cutanées pratiquées dans des régions même éloignées du siège du néoplasme, dans des cas de cancers de la peau, de la langue, de l'œsophage, de l'estomac, du sein, de l'utérus, déterminent le plus souvent l'atténuation et même la cessation des douleurs, la diminution de volume de la tumeur principale et des adénopathies, la disparition de la fétidité des écoulements, l'augmentation du poids corporel avec relèvement de l'état général.

Les phénomènes se maintiennent ainsi plusieurs mois : un cancer de la langue depuis 16 mois, un cancer de l'estomac depuis 3 ans, des cancers cutanés depuis plusieurs années. Ces observations seront publiées.

IV. Cette amélioration des tumeurs cancéreuses après injections d'autolysats cancéreux est si évidente que je proposerais au chirurgien qui a enlevé un néoplasme, de faire suivre son intervention d'injections de tissus autolysés, ce qui évitera peut-être une récidive.

---

[1] Il va de soi que ces autolysats, qui ont été traités par l'iode, ne contiennent plus de cellules *vivantes;* par conséquent nulle greffe n'est à craindre.

[2] Joseph Thomas. *Le mode d'action des vaccins anti-néoplasiques.* (*Les Néoplasmes*, 2, 1923, 52).

Qui sait même si ces injections, lesquelles sont, d'ailleurs, très-bien supportées et ne donnent lieu à aucun accident local ou général, ne prémuniraient pas les sujets normaux contre l'apparition éventuelle d'un cancer? Si je pouvais citer mon propre exemple, je dirais que, quoique n'étant nullement atteint de cancer, je n'ai pas hésité à me faire cette vaccination préventive.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en gaz carbonique total du sang des Invertébrés d'eau douce et des Invertébrés marins*. Note [1] de MM. **Marcel Duval** et **P. Portier**, présentée par M. Joubin.

La teneur en gaz carbonique du sang des Mammifères a été l'objet d'un grand nombre de recherches. On sait que cette teneur exprime, à quelques centièmes près, par excès, la réserve alcaline telle qu'on la définit habituellement, à savoir : le nombre de centimètres cubes de CO^2 *combiné* contenu dans 100^{cm^3} de sang. Comme la réaction du sang est presque toujours alcaline, il en résulte que la presque totalité du gaz carbonique s'y trouve à l'état de bicarbonate, la portion de CO^2 libre ne représentant que quelques pour cent du CO^2 total (environ 5 pour 100 chez l'homme où le pH du sang $= 7,4$ et 2 pour 100 environ chez les Invertébrés dont le pH $= 7,8$). Aussi quand on ne désire pas une mesure rigoureuse de la réserve alcaline du sang, on peut se contenter de confondre celle-ci avec la teneur en gaz carbonique total.

Les Invertébrés ont été beaucoup moins bien étudiés à ce point de vue que les Mammifères. Collip [2] et Parsons (T. R. et W.) [3] ont fait des recherches sur le CO^2 existant dans le sang des animaux marins.

Les résultats de ces auteurs montrent que la teneur en CO^2 du sang des Invertébrés marins est très inférieure à celle des Vertébrés supérieurs, l'homme en particulier. C'est ainsi que le sang des Crustacés et des Céphalopodes ne contient que deux à trois fois plus de gaz carbonique que l'eau de mer (donc 10 à 15^{cm^3} de CO^2 pour 100^{cm^3} de sang) alors que le sang des

---

(1) Séance du 13 juin 1927.

(2) Collip, *The alkali reserve of marine fish and invertebrates* (*Journ. Biol. Chem.*, **44**, 1920, p. 329-344).

(3) Parsons (T. R. et W.), *Observations on the transport of Carbon dioxide in the blood of some marine Invertebrates* (*Journ. of gener. Physiol.*, 6, 1923, p. 153-166).

Invertébrés inférieurs (Acéphales, Échinodermes) en contient sensiblement autant que l'eau de mer (donc 5^{cm^3} pour 100^{cm^3} de sang).

Rappelons que 100^{cm^3} de sang humain dégagent normalement environ 60^{cm^3} de CO^2.

Il nous a paru intéressant de faire de semblables mesures de gaz carbonique dans le milieu intérieur des Invertébrés d'eau douce, mesures qui, à notre connaissance, n'ont jamais été effectuées. Des mesures faites sur des Invertébrés marins nous ont d'ailleurs permis de vérifier les conclusions des biologistes américains.

Nous avons utilisé la méthode de Haldane. Nos résultats expriment le nombre de centimètres cubes de CO^2 (à 0° et 76) dégagé par 100^{cm^3} de sang.

Invertébrés marins.

	cm^3 de CO^2 dans 100^{cm^3} de sang.
Crustacés.	
Palinurus vulgaris........	13 à 17
Dromia vulgaris..........	12 à 14
Squilla mantis............	5 à 7
Céphalopodes.	
Sepia officinalis...........	11 à 14
Échinodermes	
Stycopus regalis..........	5
Asterias glacialis..........	5 à 6
Strongilocentrotus lividus..	5 à 8
Dorocidaris papillata......	5

Invertébrés d'eau douce.

	cm^3 de CO^2 dans 100^{cm^3} de sang.
Crustacés.	
Astacus fluviatilis......	28 à 35
Telphusa fluviatilis [1]...	21,5 à 24,5
Gastéropodes.	
Lymnea stagnalis.......	40 à 62
Planorbis corneus......	55 à 62
Acéphales.	
Anodonta cygnea.......	29 à 31

Il ressort immédiatement de ces mesures, que le sang des Invertébrés d'eau douce est beaucoup plus riche en gaz carbonique que celui des Invertébrés marins.

Par exemple chez les Acéphales marins la teneur en CO^2 du sang est de 5^{cm^3} pour 100^{cm^3} de sang environ (d'après Collip et Parsons). Chez l'Anodonte elle atteint 31.

---

[1] Ces Telphuses proviennent du Tibre. Elles nous ont été obligeamment fournies par le Professeur Raffaele de Rome.

On trouve jusqu'à 62$^{cm^3}$ de CO^2 dans le sang de la Lymnée et du Planorbe, soit autant que chez l'Homme et quatre fois plus que chez les Céphalopodes.

Pareillement le sang de l'Ecrevisse transporte deux fois plus de gaz carbonique que celui de la Langouste et autres Crustacés marins.

La raison de cette différence entre les Invertébrés d'eau douce et les Invertébrés marins nous est inconnue pour le moment. Disons simplement qu'elle ne paraît pas en rapport avec une différence de teneur en CO^2 de l'eau de mer et de l'eau douce. Toutes deux renferment en effet à peu près la même quantité (eau de mer, 5$^{cm^3}$ et eau douce 7$^{cm^3}$ pour 100).

Nous avons enfin mesuré la teneur en CO^2 du sang de deux Gastéropodes terrestres, *Helix pomatia* et *Helix aspersa*. Nous l'avons également trouvée très élevée, de 45 à 60$^{cm^3}$ de CO^2, teneur analogue à celle des Gastéropodes pulmonés d'eau douce. Ce résultat explique bien la très grande résistance à l'acidification du sang de l'Escargot, signalée récemment par Pantin et Hogben [1].

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Identification de l'acide allantoïque dans les feuilles de l'*Acer pseudoplatanus. Note de MM. **R. Fosse** et **A. Hieulle**, transmise par M. E. Roux.

I. Du légume vert de *Phaseolus*, l'un de nous a isolé et identifié, sous la forme de leurs dérivés xanthylés : l'*allantoïne,* dont la présence dans ce végétal était inconnue, et un autre uréide très voisin, insoupçonné chez les êtres vivants, l'*acide allantoïque* [2] :

$$\left.\begin{matrix}NH^2.CO.NH\\NH^2.CO.NH\end{matrix}\right\rangle CH.COOH.$$

L'analyse quantitative identifie le précipité xanthylé du haricot, recristallisé dans la pyridine, au produit de condensation de l'acide allantoïque

(1) Pantin et Hogben, *A colorimetric method for studying the dissociation of Oxyhæmocyanin. Journ. Marine Biol. Assoc.* **13**, 1925, p. 970-980.

(2) R. Fosse, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 175 et 869; **183**, 1926, p. 1114.

et du xanthydrol :

$$\mathrm{O}\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle\mathrm{CH.OH} + \mathrm{H.NH.CO.NH}\rangle\mathrm{CH.COOH}$$
$$\mathrm{O}\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle\mathrm{CH.OH} + \mathrm{H.NH.CO.NH}$$

$$\xrightarrow{2H^2O} \begin{matrix}\mathrm{O}\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle\mathrm{CH.NH.CO.NH} \\ \mathrm{O}\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle\mathrm{CH.NH.CO.NH}\end{matrix}\rangle\mathrm{CH.COOH}$$

Mais cet acide dixanthyl-allantoïque ne se forme pas seulement aux dépens de l'acide allantoïque, il apparaît aussi, par simple cristallisation dans la pyridine du composé xanthylé, d'un uréide de la même famille, l'acide uroxanique :

$$\begin{matrix}\mathrm{NH^2.CO.NH} \\ \mathrm{NH^2.CO.NH}\end{matrix}\rangle\mathrm{C}\langle\begin{matrix}\mathrm{COOH} \\ \mathrm{COOH}\end{matrix}.$$

Dès lors se pose nécessairement la qnestion suivante :

L'acide dixanthyl-allantoïque, obtenu à l'analyse après cristallisation dans la pyridine, ne provient-il pas de la décarboxylation par le dissolvant de l'acide xanthyl-uroxanique?

La présence réelle de l'acide allantoïque dans le suc de *Phaseolus* a pu être établie par la différenciation des acides allantoïque et uroxanique xanthylés *bruts*, basés sur : 1° leur rupture moléculaire en sel de pyryle et uréide; 2° la propriété que possède l'acide uroxanique de former un sel de plomb cristallisé, très peu soluble, caractéristique.

2. Par cette méthode, combinée à l'analyse quantitative élémentaire, nous nous proposons de démontrer que les feuilles vertes de l'*acer pseudoplatanus* contiennent aussi l'acide allantoïque.

Des feuilles d'*acer pseudoplatanus* (époque de la récolte : 25 mai 1927) broyées, soumises à la presse, laissent un résidu que l'on délaye dans l'eau et presse à nouveau. L'opération est répétée de manière à obtenir 1^l de liquide pour 1^{kg} de feuilles fraîches. Le produit, trouble et verdâtre, préalablement refroidi, déféqué par l'acétate d'urane, filtré à la glacière, est versé dans un cinquième de son volume d'acide acétique contenant $\frac{1}{200}$ de xanthydrol. Après une nuit à la glacière, le précipité ($1^g,2$ pour 900^{cm^3} de suc déféqué) est essoré, lavé et séché vers 50°.

Rupture moléculaire du précipité xanthylé brut. — La matière, très finement pulvérisée ($0^g,1$), contenue dans un tube Pyrex à centrifuger de 20^{cm^3}, placé dans un mélange de glace et de sel, additionnée d'éther anhydre (2^{cm^3}),

est triturée avec de l'alcool absolu, saturé de gaz chlorhydrique sec (40 gouttes). Après 2-3 minutes, le mélange délayé dans de l'éther absolu refroidi (15^{cm^3}), est centrifugé. On lave ainsi le résidu avec de l'éther jusqu'à ce que ce dernier ne trouble plus le nitrate d'argent.

Recherche de l'acide uroxanique. — Le filtrat, provenant de l'action de l'eau glacée (3-4^{cm^3}) sur le résidu de la centrifugation, additionné d'une solution à 30 pour 100 d'acétate neutre de plomb (2 gouttes) reste limpide, tandis que le produit résultant de l'hydrolyse, dans les mêmes conditions de 2^{cg} d'acide xanthyl-uroxanique donne naissance à des cristaux brillants argentés d'uroxanate de plomb. La liqueur plombique limpide, provenant de l'hydrolyse du précipité xanthylé de l'Acer, privé de plomb par l'hydrogène sulfuré et de ce gaz par chauffage, donne avec intensité la réaction colorée glyoxylique, que nous avons fait connaître [1], et de l'urée, précipitable par le xanthydrol.

Transformation du composé xanthylé brut en acide dixanthyl-allantoïque, pur à l'analyse. — La matière ($0^g,2$) triturée dans un tube à centrifuger avec de la pyridine, colore ce solvant en rouge vineux, elle augmente de volume en prenant l'aspect de l'hydrate d'alumine. Après plusieurs lavages et centrifugations, le dépôt blanc est dissous dans la pyridine au voisinage de l'ébullition. La solution, filtrée, aussi chaude que possible, à la trompe, cristallise aussitôt.

Analyse de la substance après lavage à l'alcool et dessiccation, plusieurs heures, à 110° :

Micro-Dumas, d'après F. Pregl : N pour 100 trouvé, 10,44; théorie, 10,44.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les variations de l'excitabilité corticale, en rapport avec l'excitabilité pneumogastrique, l'appareil thyroïdien et l'activité musculaire.* Note [2] de MM. **H. Cardot, J. Régnier, D. Santenoise** et **P. Varé.**

I. Dans une série d'expériences sur le chien trépané, nous avons étudié l'excitabilité du gyrus sigmoïde (centre des mouvements d'extension de la patte antérieure) et précisé ses variations par la mesure de la chronaxie.

La chronaxie corticale présente d'un animal à l'autre des variations fort

---

[1] R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, 179, 1924. p. 637.

[2] Séance du 11 avril 1927.

amples (de 0,1 à 1,5 millième de seconde), et chez un même individu également, elle est susceptible de varier très notablement à la suite de différentes interventions expérimentales.

II. *Une liaison étroite s'indique entre l'excitabilité corticale et l'excitabilité des centres pneumogastriques*, d'après les faits suivants :

A. Chez les divers individus, la valeur de la chronaxie du gyrus sigmoïde est en rapport étroit avec l'excitabilité des centres pneumogastriques. Les chiens très vagotoniques, caractérisés par un rythme cardiaque lent, une arythmie cardiaque respiratoire marquée et un réflexe oculo-cardiaque très positif, ont de petites chronaxies corticales. Au contraire, ceux qui sont hypovagotoniques (absence de réflexe oculo-cardiaque) ont de fortes chronaxies.

B. Des substances capables de modifier l'excitabilité pneumogastrique quand elles sont injectées dans les veines, déterminent une modification correspondante de l'excitabilité corticale : élévation de la chronaxie par l'atropine, diminution par l'ésérine.

III. La section des deux nerfs pneumogastriques au niveau du trou déchiré postérieur au-dessus du ganglion plexiforme entraîne une élévation de la chronaxie du gyrus.

La section basse des deux pneumogastriques est au contraire sans influence sur la chronaxie.

La section totale des nerfs émanés des pneumogastriques et fournissant des filets nerveux à l'appareil thyroïdien agit comme la section haute des pneumogastriques et provoque une augmentation notable de la chronaxie corticale.

Au contraire l'excitation électrique du bout périphérique des filets thyroïdiens sectionnés provoque une très forte mais passagère diminution de la chronaxie.

Ainsi *l'appareil thyroïdien paraît se présenter comme un chaînon intermédiaire dans la relation indiquée entre l'excitabilité corticale et l'excitabilité pneumogastrique*.

IV. Un autre facteur, en rapport avec l'activité musculaire, peut aussi, indépendamment du mécanisme précédent, intervenir pour faire varier la chronaxie corticale.

Lorsqu'on refroidit l'animal et qu'on provoque ainsi le frisson, on observe pour une longue période un abaissement de la chronaxie corticale, et ceci, que les appareils pneumogastrique et thyroïdien soient ou non

intacts. Des contractions tétaniques provoquées dans le train postérieur par excitation des sciatiques, exercent le même effet que le frisson.

V. *Nos recherches mettent donc en lumière d'une façon précise deux facteurs importants et indépendants pouvant intervenir pour modifier l'excitabilité corticale.*

Ces deux facteurs apparaissent bien lorsqu'on analyse avec soin le *mécanisme d'action de l'ésérine.*

A. A la dose de $0^{mg},05$ par kilogramme, le salicylate d'ésérine par voie intraveineuse détermine chez l'animal dont les pneumogastriques et l'innervation thyroïdienne sont intacts, une forte diminution de la chronaxie du gyrus.

B. A la même dose sur l'animal ayant subi une double vagotomie haute ou une section totale des filets thyroïdiens, on n'observe aucune variation de chronaxie.

C. Une dose trois fois plus forte diminue la chronaxie du gyrus, même après double vagotomie haute ou section totale des filets thyroïdiens. Mais cette dose forte détermine toujours chez l'animal de fortes trémulations musculaires.

Il nous paraît donc que, *par l'administration de doses croissantes d'ésérine, on peut successivement mettre en jeu les deux facteurs que nous avons mentionnés : facteur pneumogastrique et thyroïdien avec les doses faibles, facteur musculaire avec les doses fortes.*

Conclusions. — La chronaxie du gyrus sigmoïde chez le chien peut présenter de très amples variations en rapport d'une part avec les pneumogastriques et l'appareil thyroïdien, d'autre part avec l'appareil musculaire.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur les propriétés hypoglycémiantes du sulfate de galégine.* Note [1] de MM. **H. Simonnet** et **G. Tanret**, présentée par M. A. Desgrez.

Les travaux de Watanabe (1918) et de Frank (1926) ayant montré que la guanidine et certains de ses dérivés sont susceptibles d'abaisser chez l'animal le taux du sucre sanguin, nous venons de rechercher si l'alcaloïde isolé par l'un de nous des graines de *Galega officinalis*, la galégine, ne possède pas de semblables propriétés hypoglycémiantes. C'est, on le sait,

---

[1] Séance du 13 juin 1927.

la guanidine d'un dérivé éthylénique de l'isoamylamine :

$$NH = C \begin{matrix} \diagup NH^2 \\ \diagdown NH - CH^2 - CH^2 - C \begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown\!\diagdown CH^2 \end{matrix} \end{matrix}$$

(G. Tanret, 1914; Barger, 1923; Späth, 1924) [1].

Nos expériences, une centaine environ, ont porté sur le lapin et sur le chien.

I. Lapin : *Voie sous-cutanée.* — A partir de la dose de 7^{cg} par kilogramme, le sulfate de galégine déclenche des phénomènes toxiques qui, pour la dose de 10^{cg}, entraînent la mort dans la moitié des cas. L'animal est pris brusquement de convulsions cloniques (rappelant les crises provoquées par l'insuline) : la paralysie s'établit rapidement, atteint le diaphragme et amène l'asphyxie.

En même temps, on constate un trouble profond de la glycémie. La plupart du temps, et lorsqu'on opère sur des lapins pris au hasard et sans précautions spéciales, il s'agit d'une hypoglycémie : elle peut devenir considérable, tomber au tiers de sa valeur primitive et même plus bas. C'est en général à partir d'une diminution de 60 pour 100 de la glycémie initiale qu'éclatent les crises convulsives, presque toujours mortelles et que parfois on peut enrayer par l'injection massive de glucose.

Glycémies (grammes pour 1000).

Doses.	0h.	1h.	1h30m.	2h.	3h.	4h.	6h.	Observations.
cg 5.......	0,915	0,775	0,680	0,725	1,100	1,265	—	—
7,5.....	1,525	—	—	0,500	0,445	0,345	1,300	crises : survie
	1,045	—	0,260	—	—	—	—	mort à 1h30m
	0,990	—	—	0,325	—	—	—	mort à 2h
8.......	1,230	1,050	0,800	0,830	0,885	—	2,320	—
10.......	0,900	—	—	0,390	—	—	—	mort à 2h

Dans un quart des cas, au contraire, l'hypoglycémie est précédée, ou suivie, ou remplacée, par une poussée d'hyperglycémie qui peut parfois faire monter le sucre à 2 ou 3 fois sa valeur initiale. Le lapin ainsi hyperglycémié résiste bien à l'intoxication de la galégine.

---

[1] La formule $NH = C \begin{matrix} \diagup NH^2 \\ \diagdown NH - CH^2 - CH = C \begin{matrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{matrix} \end{matrix}$ est également vraisemblable.

Glycémies (grammes pour 1000).

Doses.	0h.	1h.	1h30m.	2h.	4h.	6h.
cg 6	1,135	–	–	1,820	1,670	1,100
8	1,470	4,200	3,960	1,710	1,170	–
10	1,305	–	–	2,240	2,540	–

Le sens du déséquilibre sanguin — et Watanabe a déjà rencontré une hyperglycémie inconstante avec la guanidine — paraît conditionné par l'état des réserves glycogéniques de l'animal : celles-ci sont-elles normales ou faibles, la galégine amène l'hypoglycémie : sont-elles surabondantes, c'est l'hyperglycémie qu'elle provoque. A cet égard, l'expérience suivante est suggestive. De deux lapins, l'un est soumis à un jeûne de cinq jours (paille hachée); l'autre est suralimenté (féculents). On injecte alors à chacun 8cg par kilogramme de sulfate de galégine. Le premier fait de l'hypoglycémie;le second, de l'hyperglycémie. On continue l'expérience en la renversant. Le lapin inanitié est suralimenté pendant cinq jours et fait de l'hyperglycémie pour une nouvelle dose de 8cg; le lapin suralimenté est mis au régime de la paille hachée et, au bout de cinq jours, fait pour la même dose de galégine une crise mortelle d'hypoglycémie.

Voie buccale. — Un peu moins toxique que par la voie sous-cutanée, la galégine amène, *per os*, l'hypoglycémie qui, si elle est trop forte, entraîne les crises mortelles. L'hyperglycémie est plus rare que précédemment.

II. Chien. — La galégineen injection sous-cutanée s'est montrée particulièrement toxique chez le chien, cinq fois plus que chez le lapin : à partir de 1cg,5 par kilogramme, il succombe en une heure ou deux avec des troubles gastro-intestinaux constants : vomissements, évacuations muco-sanguinolentes, et une paralysie rapide et totale. La toxicité est sensiblement égale par voie buccale. Dans presque tous les cas, l'hypoglycémie n'a pas eu le temps de s'établir, la dose hypoglycémiante et la dose mortelle étant extrêmement voisines. Ce n'est qu'exceptionnellement que nous avons pu la saisir. Le chien peut du reste mourir en hyperglycémie.

Cette grande toxicité ne nous a pas permis jusqu'à présent d'étudier fructueusement le chien dépancréaté comme il eût été désirable.

En résumé, la galégine offre le premier exemple d'un alcaloïde végétal, cristallisé. de constitution connue, qui, par voie sous-cutanée ou par voie buccale, amène la rupture d'équilibre du sucre sanguin et provoque l'hypoglycémie. Son maniement chez l'animal (et en particulier chez le chien) est rendu assez délicat par la faible marge qui existe entre la dose hypoglycémiante et la dose mortelle.

BACTÉRIOLOGIE. — *Agglutinabilité acquise au contact des filtrats scarlatineux par les bactéries chauffées à 60°*. Note [1] de MM. **J. Cantacuzène** et **O. Bonciu**, présentée par M. Roux.

Des streptocoques non agglutinables par le sérum de convalescents de scarlatine acquièrent, vis-à-vis de ce sérum, l'agglutinabilité spécifique héréditairement transmissible après qu'on les a cultivés au contact de produits scarlatineux filtrés [2], [3], [4]. Diverses bactéries autres que les streptocoques sont, elles aussi, susceptibles d'acquérir au contact de ce même sérum l'agglutinabilité transmissible, aptitude variant avec l'espèce microbienne considérée et, pour une même espèce, avec la race [3], [5].

Nous nous sommes demandé si les mêmes bactéries tuées par la chaleur conservaient leur agglutinabilité ou étaient capables de l'acquérir au contact des produits scarlatineux alors qu'ils ne la possédaient pas au préalable.

Nos expériences nous ont prouvé qu'à ce point de vue les résultats obtenus diffèrent selon que l'on expérimente avec des streptocoques, ou bien avec des bactéries autres que les streptocoques, mais susceptibles d'acquérir l'agglutinabilité transmissible.

A. *Bactéries autres que les streptocoques.* — Nous avons employé pour ces expériences un bacille d'Eberth, un paratyphique A, un staphylocoque, un *Bacterium coli* et un méningocoque B. Leur agglutinabilité par sérum de convalescents de scarlatine était, avant tout entraînement par les filtrats, de $\frac{1}{20}$ pour le B. d'Eberth, $\frac{1}{10}$ pour le *B. coli* et le paratyphique A, de o pour le staphylocoque et le méningocoque. Après culture dans l'exsudat pharyngien scarlatineux filtré sur bougie L_3, leur agglutinabilité était devenue de $\frac{1}{4000}$ pour le staphylocoque, $\frac{1}{2000}$ pour le paratyphique A, $\frac{1}{200}$ pour le *Bacterium coli* et o pour le méningocoque.

Ces cultures, après avoir acquis l'agglutinabilité spécifique, furent chauffées à 60° pendant 2 heures, puis centrifugées et lavées deux fois avec la

---

(1) Séance du 23 mai 1927.

(2) J. Cantacuzène et O. Bonciu, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1185.

(3) R. Martin et Laffaille, *C. R. Soc. Biol.*, **95**, 1926, p. 284.

(4) Zoeller et Meersseman, *C. R. Soc. Biol.*, **96**, 1927, p. 760.

(5) J. Cantacuzène et O. Bonciu, *C. R. Soc Biol.*, **96**, 1927, p. 1443.

solution physiologique. Éprouvées au point de vue de l'agglutinabilité, elles l'avaient conservée intacte. Par conséquent :

Des bactéries, autres que les streptocoques, ayant acquis au contact de filtrats scarlatineux l'agglutinabilité spécifique vis-à-vis du sérum des convalescents, conservent cette agglutinabilité une fois tuées par le chauffage à 60°.

Si l'on tue par le chauffage à 60° les mêmes bactéries cultivées en bouillon *avant* d'ajouter à ce dernier le filtrat de scarlatineux, et que l'on ajoute ce filtrat à l'émulsion de bactéries préalablement tuées, on constate que, après un contact de 24 heures à 37° (suivi de centrifugation et de deux lavages successifs), ces bactéries ont acquis l'agglutinabilité spécifique vis-à-vis du sérum de convalescents (le sérum normal reste sans effet). C'est ainsi que le B. d'Eberth est devenu après ce traitement agglutinable à $\frac{1}{1000}$ et le paratyphique A à $\frac{1}{600}$. Le *B. coli* n'a acquis qu'une agglutinabilité très faible et le méningocoque une agglutinabilité nulle. On voit que l'agglutinabilité acquise de la sorte est incontestable mais moins prononcée cependant que pour les bactéries entraînées avant le chauffage. Par conséquent :

Des bactéries (autres que les streptocoques) susceptibles d'acquérir l'agglutinabilité spécifique lorsqu'on les cultive au contact de produits scarlatineux filtrés acquièrent cette agglutinabilité même lorsque, préalablement tuées par la chaleur à 60°, *on les maintient pendant* 24 *heures au contact de ces filtrats.*

Nous savons que l'agglutinabilité acquise de la sorte est transmissible héréditairement. Néanmoins cette agglutinabilité héréditaire ne se transmet pas aux cultures chauffées, si bien que : *une espèce microbienne qui a acquis l'agglutinabilité par culture dans un filtrat scarlatineux, puis repiquée sur gélose, garde son agglutinabilité tant qu'elle est vivante et la perd quand on la chauffe à* 60°.

B. *Lorsqu'il s'agit de streptocoques*, le chauffage à 60° a des conséquences toutes différentes de celles que nous venons d'indiquer. En effet, nous n'avons jamais réussi à conserver aux streptocoques tués par la chaleur l'agglutinabilité acquise pendant leur vie. Jamais non plus nous n'avons pu conférer cette agglutinabilité à des streptocoques préalablement tués puis immergés dans nos filtrats. Il y a là, au point de vue qui nous occupe, un trait qui différencie nettement les streptocoques des autres espèces bactériennes sur lesquelles nous avons expérimenté.

L'on voit par là que l'élément inconnu contenu dans les filtrats de scarlatine et qui, une fois fixé sur un substratum bactérien, confère à ces bactéries

l'agglutinabilité spécifique et transmissible, peut être adsorbé même par des bactéries tuées; fixé sur des bactéries vivantes, il leur assure l'agglutinabilité même après chauffage. Cette faculté d'adsorption est chez les bactéries fonction de leur structure ou de leur état physico-chimique; elle varie par conséquent avec les bactéries considérées. Parmi celles-ci les streptocoques qui, vivants, présentent cette faculté au plus haut degré, la perdent dès qu'ils sont chauffés un peu au-dessus de 60°.

A partir de quelle température l'agglutinabilité acquise par les bactéries est-elle abolie? En ce qui concerne les streptocoques, le chauffage à 40° ne semble pas avoir d'action appréciable; à 50° une certaine tendance à l'atténuation de l'agglutinabilité se fait sentir; le chauffage à 60° abolit l'agglutinabilité chez plus de la moitié des individus bactériens : 40 pour 100 environ conservent encore une agglutinabilité diminuée. Enfin l'agglutinabilité a disparu complètement par le chauffage à 65°. Il en est de même pour les streptocoques agglutinables isolés dans la gorge des scarlatineux.

On a vu plus haut que l'agglutinabilité des bactéries autres que les streptocoques persistait intacte après chauffage à 60°.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le métabolisme énergétique (le métabolisme de sommet et le métabolisme de base) au cours de la tuberculose expérimentale.* Note (1) de M. X. **Chahovitch** et Mlle **Vichnjitch**, présentée par M. Henneguy.

La recherche de la valeur de l'intensité du métabolisme de sommet dans les états pathologiques a un intérêt tout particulier. Elle nous montre l'état de la fonction importante qu'est l'accommodation de la thermogénèse, fonction des plus facilement déréglable dans les états pathologiques, ainsi que l'un de nous l'a déjà montré (Chahovitch). Continuant ces recherches, nous avons été amenés à étudier la marche de l'intensité du métabolisme de sommet au cours de la tuberculose expérimentale. Nos recherches ont porté sur des Cobayes. Nous avons employé des cultures du bacille tuberculeux sur milieu solide, de provenance humaine.

D'une part, nous avons étudié la marche de l'intensité du métabolisme de sommet, et parallèlement celle du métabolisme de base, question sur laquelle l'accord n'est pas encore fait. En effet, certains auteurs, Grafe

(1) Séance du 13 juin 1927.

en tête, soutiennent que l'infection tuberculeuse peut amener par elle-même, en l'absence de tout processus fébrile, une augmentation de la production de chaleur. D'autres auteurs par contre pensent qu'on n'observe d'augmentation de l'intensité du métabolisme de base que si la température présente une élévation d'un demi-degré à un degré à certains moments de la journée, même si elle est normale le matin à jeun au moment où l'on procède à la détermination du métabolisme de base.

Nous avons infecté nos animaux par la voie péritonéale. Nous faisions des mesures de l'intensité du métabolisme énergétique en suivant l'évolution de la tuberculose expérimentale. Voici nos expériences :

	Métabolisme		Quotient méta-bolique.	Témpérat. cor-porelle.
	de sommet.	de base.		
Cobaye I, poids 430g.				
	cal.-kg H			
Avant l'infection	17,64	4,10	4,3	39
6 jours après l'infection	10,97	2,94	3,7	37,2
20 jours après	10,34	3,96	2,6	40
33 jours après	10,19	3,52	2,9	39,2
40 jours après	13,72	4,31	3,1	39,4
Une nouvelle injection :				
9 jours après	–	4,21	–	38
12 jours après	6,86	4,55	1,5	38,8
14 jours après, l'animal est mort. L'autopsie : tuberculose expérimentale typique.				
Cobaye II, poids 250g.				
Avant l'infection	16,66	4,06	4,1	39,4
7 jours après l'injection	16,17	4,16	3,8	39,4
12 jours après	13,96	4,63	3,0	39,8
15 jours après	12,74	5,53	2,3	39,4
18 jours après	9,16	4,90	1,9	40,2
23 jours après, l'animal est mort. L'autopsie : tuberculose expérimentale typique.				
Cobaye III, poids 250g.				
Avant l'infection	18,42	4,16	4,4	38,2
6 jours après l'injection	12,74	4,06	3,1	38,2
14 jours après	12,74	4,41	2,9	40,5
17 jours après, l'animal est mort. L'autopsie : tuberculose expérimentale typique.				

Ces expériences montrent qu'il y a une diminution notable de l'intensité du métabolisme de sommet au cours de la tuberculose expérimentale du Cobaye. Cette diminution de l'intensité du métabolisme de sommet peut se

manifester déjà quelques jours après l'infection. Elle nous montre d'une façon nette l'existence d'un trouble profond de la thermorégulation chez les tuberculeux. L'analyse des mesures de l'intensité du métabolisme de base indiquent la possibilité d'une augmentation de l'intensité du métabolisme de base en l'absence de toute élévation de température corporelle. Cette constatation est en accord avec l'opinion soutenue par Grafe que l'infection tuberculeuse peut amener par elle-même, en l'absence de tout processus fébrile, une augmentation de la production de chaleur. En outre, nous avons constaté, dans nos expériences, d'une façon générale, une diminution de l'intensité du métabolisme de base quelques jours après l'injection de bacilles tuberculeux.

Donc, de ces expériences il résulte qu'il existe une diminution du pouvoir d'accommodation de la thermogénèse au cours de la tuberculose expérimentale du Cobaye. Cette modification est produite surtout par la diminution de l'intensité du métabolisme de sommet. L'intensité du métabolisme de base peut être augmentée en l'absence de toute élévation de température corporelle.

A $15^h 45^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 13 juin 1927).

Page 1394, dernière ligne, *au lieu de* Paul Fatou, *lire* Pierre Fatou.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mai 1927.

Lezioni di meccanica razionale, par Tullio Levi-Civita et Ugo Amaldi. Volume II. Bologna, Nicola Zanichelli, 1927; 1 vol. 24^{cm}.

Introduction to the History of Science. Volume I, by George Sarton. Washington, Carnegie Institution, 1927; 1 vol. 26^{cm}.

A further contribution to the study of the phenomena of intertraction, in *Proceedings of the Royal Society*, by Sir Almroth E. Wright. London, *Proceed. of the Royal Society*, A, vol. 114, 1927; 1 fasc. 25^{cm},5.

Les transformations birationnelles du plan, in *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XXII, 1927, par Lucien Godeaux; Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 25^{cm}.

Faune de France. 15 : *Diptères* (*Nématocères*) *Chironomidæ Tanypodinæ*, par M. Gœtghebuer. Paris, Paul Lechevalier, 1927; 1 fasc. 25^{cm},5. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Recherches sur la tératologie des insectes, par P. Cappe de Baillon. Paris, Paul Lechevalier, 1927; 1 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

L'Elephas antiquus nell' Italia meridionale, par G. de Lorenzo et G. d'Erasmo. Napoli, Unione tipografica combattenti, 1927; 1 vol. 36^{cm}.

Metodo racional para el calculo de perfiles de los Diques de mamposteria a gravedad, par Fernando Sánchez Sarmiento. Buenos-Aires, Tomás Palumbo, 1925; 1 vol. 27^{cm}.

Scientific Japan. Post and Present, prepared in connection with the Third Pan-Pacific Science Congress. Tokio, 1926; 1 vol. 22^{cm},5.

Souvenir of the Thid Pan-Pacific Science Congress. Tokio, 1926; 1 fasc. 27^{cm},5.

Conseil international de recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Section de séismologie. Publications du Bureau central séismologique international. Série A, fasc. 4 : *État actuel des instruments séismologiques.* Paris, Presses universitaires de France, 1927; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Lallemand.)

(*A suivre.*)